

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: DISEÑO DE UN DEPÓSITO Y SISTEMA
DE DISTRIBUCIÓN DE GPL EN UN ÁREA DE
SERVICIO DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ

Autora: Gloria VACA MUÑOZ

Fecha: Junio 2010





RESUMEN DEL PROYECTO

El Proyecto “*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz*” tiene como finalidad el diseño de las instalaciones y los equipos necesarios para poder realizar el suministro de GPL (Gas de Petróleo Licuado) a vehículos. Se ha realizado de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE 60630 de enero de 2003 y cumpliendo con la normativa vigente actualmente en España.

En la actualidad, uno de los mayores problemas que afecta al sector económico, social y ambiental tanto en España como a nivel mundial, es el uso de determinados combustibles en el sector de la automoción. Son por todos conocidos los problemas de contaminación derivados de los procesos de producción y del uso de gasóleos y gasolinas, los problemas económicos y sociales que generan la subida de sus precios y la dependencia de otros países para su suministro.

En los últimos años se han buscado soluciones alternativas como los biocombustibles, motores eléctricos, de hidrógeno, etc. No obstante, a día de hoy, ninguna de las soluciones estudiadas es viable al 100 %, ya sea por motivos técnicos, económicos o sociales.

En cambio, existe un combustible que reúne las características positivas de los clásicos, pero anula o reduce las características negativas de éstos. Tiene un menor coste, produce menor contaminación, tiene un bajo coste de instalación en los automóviles (no es necesario comprar un vehículo nuevo, se puede instalar en uno ya existente) y se puede combinar con el uso de los combustibles anteriores (alimentación “bifuel”). Este combustible es el GPL”.

Como dato más importante, decir que está demostrada la aceptación, viabilidad y conveniencia económica, mecánica y ambiental de este combustible; ya que está implantado en otros países desde hace años (Italia, Francia, Bélgica, Inglaterra, etc.) obteniéndose unos resultados muy favorables.

En el presente Proyecto se diseña una estación de suministro de GPL para vehículos a motor. Se diseña el depósito, las instalaciones y equipos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento. Además se incluyen protocolos de funcionamiento y de actuación en caso de emergencia en la instalación.

La instalación objeto de estudio es genérica e independiente, se puede instalar aislada o adyacente a cualquier estación de servicio de la provincia de Cádiz. Está compuesta por dos zonas claramente diferenciadas, que son:

- ▶ La zona de almacenamiento, que está formada por la zona del depósito (dónde se encuentra el depósito, los instrumentos de medida, las válvulas y los accesorios), la zona de trasvase (compuesta por la boca de carga y el espacio destinado al estacionamiento del camión cisterna) y la zona de corte y prueba métrica (arqueta dónde se encuentran las válvulas de corte y las tomas para la realización de la prueba métrica).
- ▶ La zona de suministro que es aquella donde se encuentra ubicado el aparato suministrador y el espacio delimitado para los vehículos que efectúan el abastecimiento de GPL.

En el presente Proyecto se diseñan todos los equipos e instalaciones de los que consta la estación de suministro. A continuación se enumeran los aspectos más relevantes:

- ▶ Diseño del depósito de almacenamiento; se realiza en base al Código ASME y cumpliendo con la normativa específica del sector.
- ▶ Diseño de la red de tuberías; se indica el trazado, las características de las tuberías y cómo realizar la instalación de las mismas.
- ▶ Instrumentos de medida y accesorios; se describe cada uno de ellos y se justifica su instalación. Se encuentran tanto en el depósito como en la red de tuberías y son esenciales para obtener un correcto funcionamiento de la instalación.
- ▶ Protección contra la corrosión; se describen las medidas tomadas para proteger el depósito y las tuberías contra la corrosión (sistema de protección catódica, pinturas protectoras y encintado de tuberías).
- ▶ Otros equipos; se justifica la elección de equipos esenciales, tales como: la bomba (para la impulsión del combustible), el surtidor (para el suministro de GPL a los vehículos) y el equipo de trasvase (para la realización de la operación de llenado del depósito).

En este Proyecto no solo se diseñan los equipos que conforman la instalación, sino que también se describen otros aspectos secundarios, no por ello menos importantes, como:

- ▶ Obra Civil asociada; se define detalladamente ya que existen requisitos de obligado cumplimiento según normativa. Además se adjunta un estudio básico de Seguridad y Salud dónde se indica cómo llevar a cabo la misma en condiciones seguras.
- ▶ Seguridad y Prevención; dónde se indican los medios con los que cuenta la instalación, tales como: equipos contraincendios, señalización, protocolos de actuación en caso de emergencia y medidas de seguridad básicas a cumplir en la instalación.
- ▶ Protocolo de Funcionamiento; donde se describe cómo llevar a cabo la puesta en marcha (pruebas, ensayos y verificaciones), la explotación (cómo realizar las distintas operaciones) y el mantenimiento de la instalación.

Una vez finalizado el diseño completo de la instalación y explicado cómo funciona, se ha estimado el presupuesto de la misma, obteniéndose un coste que asciende a aproximadamente 175.000 €.

Además se ha elaborado un estudio económico y de viabilidad, dónde se estima el tiempo de amortización de la instalación, que será de aproximadamente un año y medio. En este estudio también se muestra el beneficio anual generado por la instalación durante los diez primeros años tras su puesta en marcha.

Índice

Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. DESCRIPCIÓN GENERAL	52
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA	69
3.1. Material del depósito	70
3.2. Soldadura... ..	76
3.3. Protección contra la corrosión.....	89
3.4. Instrumentos de medida.....	105
3.5. Red de tuberías.....	112
3.6. Bomba	153
3.7. Surtidor.....	170
3.8. Equipo de trasvase.....	176
3.9. Sistema neumático.....	182
3.10. Puesta a tierra	192
4. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO	195
5. MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DEL DEPÓSITO.....	213
6. OBRA CIVIL.....	216
7. SEGURIDAD Y PREVENCIÓN	230
8. ESTUDIO ECONÓMICO Y DE VIABILIDAD	241
9. BIBLIOGRAFÍA	248
10. ANEXOS.....	251
 DOCUMENTO II: PLANOS	 443
▶ Plano Nº 1: Depósito de almacenamiento de GPL	444
▶ Plano Nº 2: Detalle del depósito: Orejetas	445
▶ Plano Nº 3: Detalle del depósito: Silletas	446
▶ Plano Nº 4: Estación de suministro de GPL.....	447
▶ Plano Nº 5: Zona de almacenamiento.....	448
▶ Plano Nº 6: Zona de suministro.....	449
▶ Plano Nº 7: Esquema de flujo	450
▶ Plano Nº 8: Red de tuberías.....	451
▶ Plano Nº 9: Sistema de protección catódica	452
▶ Plano Nº 10: Equipos contra incendios y señalización	453
 DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES	 454
1. DISPOSICIONES GENERALES	455
2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....	457
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	464
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	471
5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	477
6. CONDICIONES PARICULARES DE LOS EQUIPOS	482
7. NORMATIVA APLICADA.....	490
 DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO.....	 493
1. INTRODUCCIÓN	494
2. ESTADO DE MEDICIONES.....	495
2.1. Presupuesto Parcial.....	503
3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)	509
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.).....	510

ÍNDICE ESPECÍFICO

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1. ANTECEDENTES.....	3
2. COMBUSTIBLES PARA AUTOMOCIÓN	4
2.1. Combustibles usados actualmente	4
2.2. Combustibles alternativos	5
2.3. Combustibles gaseosos	9
3. GPL COMBUSTIBLE	11
3.1. Definición.....	11
3.2. Obtención	11
3.3. Distribución.....	12
3.4. Almacenamiento y aplicaciones.....	12
3.5. Composición.....	13
3.6. Propiedades físicas y químicas.....	14
3.7. Propiedades energéticas	17
3.8. Riesgos del producto	18
3.9. Ventajas como combustible	19
4. GPL AUTOMOCIÓN	20
4.1. Definición y composición.....	20
4.2. Principales propiedades físicas y químicas	20
4.3. Aplicación en el sector de automoción	21
4.4. Vehículos alimentados a GPL.....	21
4.4.1. Doble alimentación	22
4.4.2. Transformación a GPL.....	22
4.4.3. Vehículos que se pueden transformar a GPL	22
4.4.4. Dónde transformar el vehículo.....	23
4.4.5. Componentes del equipo.....	23
4.4.6. Funcionamiento	26
4.4.6.1. Funcionamiento general.....	26
4.4.6.2. Funcionamiento interno.....	28
4.4.7. Seguridad del vehículo	30
4.4.8. Manutención	31
4.4.9. Garantía	32
4.4.10. Vehículos a GPL en el mercado.....	32
4.4.11. Coste de instalación	33
4.4.12. Coste del combustible y consumo	33
4.5. Ventajas e inconvenientes.....	35
4.5.1. Ventajas	35
4.5.1.1. Conveniencia Mecánica.....	35
4.5.1.2. Conveniencia Económica.....	36
4.5.1.3. Conveniencia Ambiental	37
4.5.2. Inconvenientes.....	39
5. DISTRIBUCIÓN	40
5.1. Cisternas de transporte.....	40
5.2. Estaciones de servicio de GPL	42
5.2.1. En España	42
5.2.2. En Europa	42
6. SITUACIÓN ACTUAL DEL GPL	44

6.1. Mercado y uso de GPL automoción	44
6.1.1. GPL en el mundo	44
6.1.2. GPL en Europa	45
6.1.3. GPL en España.....	47
6.2. Asociaciones de GPL.....	48
6.2.1. En España	48
6.2.2. En Europa	48
6.3. Comercialización de GPL en España	49
6.3.1. Repsol YPF.....	49
6.3.2. BP	49
6.3.3. Cepsa.....	49
7. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	50
8. OBJETIVO	51
2. DESCRIPCIÓN GENERAL	52
1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO.....	53
1.1. Descripción.....	53
1.2. Normativa	53
1.3. Aplicación normativa	56
2. PARTES DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO	57
2.1. Zona de almacenamiento.....	57
2.2. Zona de suministro.....	57
3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO.....	58
3.1. Zona de almacenamiento.....	58
3.1.1. Zona del depósito	58
3.1.1.1. Descripción del depósito	58
3.1.1.2. Accesorios del depósito	59
3.1.1.3. Protección contra la corrosión	61
3.1.1.4. Bomba.....	62
3.1.1.5. Instrumentos de medida.....	62
3.1.1.6. Red de tuberías.....	63
3.1.1.7. Valvulería y accesorios	64
3.1.1.8. Sistema neumático.....	64
3.1.1.9. Instalación	65
3.1.2. Zona de trasvase	66
3.1.3. Zona de corte y prueba métrica.....	67
3.2. Zona de suministro.....	67
3.3. Servicios comunes	67
3.3.1. Puesta a tierra.....	67
3.3.2. Equipos contraincendios.....	68
3.3.3. Cartelística	68
3.3.4. Sistema de corte en caso de emergencia	68
3. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA	69
3.1. MATERIAL DEL DEPÓSITO	70
1. TIPOS DE ACEROS	70
1.1. Aceros al carbón.....	70
1.2. Aceros de baja aleación	70
1.3. Aceros de alta aleación	70
2. PROPIEDADES REQUERIDAS	71
2.1. Propiedades mecánicas	71

2.2. Propiedades físicas	71
2.3. Propiedades químicas	71
2.4. Soldabilidad	71
3. SELECCIÓN DEL ACERO.....	72
3.1. Aceros de baja aleación	72
3.2. Estudio y elección.....	73
3.2.SOLDADURA EN EL DEPÓSITO	76
1. CONFORMACIÓN DEL DEPÓSITO	76
1.1. Número de placas	76
1.2. Tamaño de las placas	76
1.3. Ángulo entre soldaduras.....	77
1.4. Orden de soldado de las piezas	77
2. UNIONES SOLDADAS	77
2.1. Consideraciones previas	77
2.2. Ubicación de las uniones soldadas	78
2.3. Condición de diseño	79
2.4. Examen radiográfico.....	79
2.5. Tratamiento térmico.....	79
3. SOLDADURA EN EL DEPÓSITO.....	80
3.1. Tipo de soldadura (I)	80
3.1.1. Virola cilíndrica	80
3.1.2. Cabezas	80
3.2. Tipo de soldadura (II)	80
3.3. Reducción de esfuerzos y eficiencia de la junta	81
3.4. Espesores.....	82
3.5. Preparación de bordes	83
3.6. Acúmulo de soldeo	83
3.7. Especificación del método de soldeo	83
3.8. Longitud de soldadura	83
4. SOLDADURA EN ACCESORIOS.....	84
4.1. Soldadura de filete.....	84
4.2. Silletas	85
4.3. Boca de hombre	85
4.4. Tubuladuras.....	85
4.4.1. Unión del cuello con la brida soldable	86
4.4.2. Unión de las tubuladuras con el depósito	86
4.4.2.1. Sin parche de refuerzo	86
4.4.2.2. Con parche de refuerzo.....	87
4.5. Orejetas	88
3.3.PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.....	89
1. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN EL DEPÓSITO	89
1.1. Elección del material del depósito	89
1.2. Margen de corrosión.....	90
1.3. Acabado y pintura.....	91
1.3.1. Preparación de la superficie.....	92
1.3.2. Pretratamiento de la superficie	92
1.3.3. Pintura y aplicación	92
1.3.4. Acabado	93
1.4. Sistema de protección catódica	93

1.4.1. Introducción	93
1.4.2. Ánodos de sacrificio	94
1.4.2.1. Características fundamentales	94
1.4.2.2. Ubicación	94
1.4.3. Corrosión en tanques enterrados	96
1.4.4. Diseño del sistema de protección catódica	96
1.4.4.1. Selección ánodo	97
1.4.4.2. Configuración de los ánodos y potencial de protección	100
1.4.4.3. Seguridad de funcionamiento	101
1.4.5. Instalación	101
1.4.6. Normativa de medición y control de la protección catódica	102
2. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN TUBERÍAS	103
2.1. Tuberías aéreas	103
2.2. Tuberías enterradas	103
3.4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	105
1. INTRODUCCIÓN	105
2. NORMATIVA	105
3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA	106
3.1. Indicador de máximo nivel de llenado	106
3.2. Termómetro	107
3.3. Manómetro	108
3.4. Indicador de nivel magnético	109
3.5. Recopilación de elementos de medida	111
3.5. RED DE TUBERÍAS	112
1. NORMATIVA	112
2. MATERIAL	113
3. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS	116
3.1. Llenado (A)	116
3.2. Retorno cisterna (B)	120
3.3. Bomba (C)	121
3.4. Retorno del surtidor (E)	123
3.5. Válvulas de seguridad (F)	124
3.6. Purga superior (G)	127
3.7. Purga inferior (H)	128
3.8. Prueba métrica (B' y E')	129
3.9. Recopilación de elementos en las líneas de tuberías	131
4. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA Y DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS	132
4.1. Condiciones de operación del sistema	132
4.1.1. Temperatura	132
4.1.2. Presión	132
4.1.3. Grado de llenado del depósito	137
4.2. Condiciones de operación de las líneas de tuberías	138
4.2.1. Llenado (A)	139
4.2.2. Retorno a la cisterna (B)	139
4.2.3. Bomba (C)	140
4.2.4. Bypass de la bomba (D)	141
4.2.5. Retorno del surtidor (E)	141
4.2.6. Válvulas de seguridad (F)	142

4.2.7. Purga superior (G).....	142
4.2.8. Prueba métrica (B')	143
4.2.9. Prueba métrica (E')	143
5. DIMENSIONAMIENTO	144
5.1. Longitud.....	144
5.2. Diámetro	144
5.3. Espesor	145
5.4. Velocidad en tuberías.....	145
5.5. Pérdidas de carga en la línea de la bomba.....	146
6. SOLICITACIONES MECÁNICAS Y TÉRMICAS	146
7. UNIONES	146
7.1. Unión mediante soldadura por arco eléctrico.....	147
7.2. Unión mediante bridas.....	148
8. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	149
9. IDENTIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE TUBERÍAS	149
9.1. Colores básicos normalizados para las tuberías	149
9.2. Color accesorio.....	151
9.3. Indicaciones de peligro.....	151
9.4. Indicaciones adicionales normalizadas	151
3.6. BOMBA.....	153
1. BOMBAS CENTRÍFUGAS	153
1.1. Características generales de las bombas centrífugas	153
1.2. Definición, partes y funcionamiento.....	153
1.2.1. Definición.....	153
1.2.2. Partes	154
1.2.3. Funcionamiento.....	155
1.3. Tipos de bombas centrífugas	156
1.3.1. Bomba tipo voluta.....	156
1.3.2. Bombas de difusor o bombas-turbina	156
1.3.3. Bomba vertical y horizontal.....	156
1.3.4. Bomba con impulsor de flujo axial, radial y mixto	157
1.3.5. Bombas de impulsor abierto, semiabierto y cerrado.....	158
2. ESTUDIO DE LAS POSIBLES BOMBAS A INSTALAR.....	158
2.1. Bomba centrífuga horizontal.....	159
2.2. Bombas verticales sumergida	160
2.3. Bombas centrífuga vertical de funcionamiento en seco.....	161
3. ELECCIÓN	164
3.1. Características de la bomba.....	164
3.2. Funcionamiento	165
3.3. Instalación fluidodinámica	166
3.4. Dimensiones.....	167
3.5. Instalación mecánica.....	168
4. BY PASS	169
4.1. Características de la válvula de By-pass.....	169
4.2. Instalación.....	169
3.7. SURTIDOR.....	170
1. REQUISITOS.....	170
2. TIPOS.....	170
3. ELECCIÓN.....	172

4. CARACTERÍSTICAS DEL SURTIDOR.....	172
4.1. Estructura	172
4.2. Accesorios y equipos de funcionamiento ..	173
4.3. Accesorios y equipos de obligado cumplimiento.....	173
5. INSTALACIÓN	174
5.1. Diagrama de flujo.....	174
5.2. Obra civil asociada.....	175
3.8. EQUIPO DE TRASVASE	176
1. GENERALIDADES.....	176
2. ELECCIÓN DEL EQUIPO DE TRASVASE.....	178
3. EQUIPO DE TRASVASE	180
3.1. Bomba.....	180
3.2. Conexiones	180
3.3. Boca de carga a distancia.....	181
4. OPERACIÓN DE TRASVASE.....	181
3.9. SISTEMA NEUMÁTICO	182
1. INTRODUCCIÓN	182
2. NORMATIVA	182
3. SISTEMA NEUMÁTICO	183
3.1. Descripción	183
3.2. Función de las válvulas	184
4. ESTRUCTURA Y COMPONENTES BÁSICOS	185
4.1. Partes del sistema neumático básico ...	185
4.2. Descripción de los componentes.....	186
4.2.1. Sistema de producción de aire.....	186
4.2.2. Sistema de consumo de aire	188
5. MANTENIMIENTO	191
3.10. PUESTA A TIERRA	192
1. NORMATIVA	192
2. RIESGOS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA	192
3. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.....	193
4. PROTOCOLO DE FUNCIONAMIENTO.....	195
1. PUESTA EN MARCHA.....	196
1.1. Pruebas previas a la puesta en servicio.....	196
1.1.1. Depósitos.....	196
1.1.2. Canalizaciones en fase líquida.....	196
1.1.3. Válvulas de seguridad y resto de equipos	196
1.2. Ensayos.....	197
1.2.1. Depósitos.....	197
1.2.2. Canalizaciones de fase líquida.....	197
1.2.3. Canalizaciones de fase gas	197
1.3. Verificaciones.....	198
1.4. Pruebas de presión hidráulica.....	198
2. EXPLOTACIÓN.....	200
2.1. Generalidades	200
2.2. Trasvase de GPL a los depósitos.....	200
2.3. Drenaje del depósito.....	202

2.4. Prueba métrica	204
2.5. Suministro de GPL a los vehículos.....	207
2.6. Otras medidas a cumplir por el personal de la instalación.....	209
3. MANTENIMIENTO	210
3.1. Instalación general.....	210
3.2. Mangueras.....	212
5. <u>MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DEL DEPÓSITO</u>.....	213
1. MANIPULACIÓN	214
2. TRANSPORTE.....	214
6. <u>OBRA CIVIL</u>	216
1. SEÑALIZACIÓN DE OBRAS	217
2. TRAZADO DE OBRAS.....	217
3. ZONA DE ALMACENAMIENTO.....	217
3.1. Excavación	217
3.1.1. Preparación de la excavación	217
3.1.2. Dimensiones.....	218
3.2. Cubeto	218
3.3. Instalación.....	219
3.4. Techo.....	221
3.5. Cercamiento	221
3.6. Estacionamiento cisterna	222
4. ZONA DE SUMINISTRO.....	222
4.1. Surtidor	222
4.2. Estacionamiento vehículos.....	223
5. OBRA CIVIL E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.....	223
5.1. TUBERÍAS AÉREAS	223
5.1.1. Descripción.....	223
5.1.2. Instalación	224
5.2. TUBERÍAS ENTERRADAS	224
5.2.1. Descripción.....	224
5.2.2. Zanja.....	225
5.2.3. Puesta en zanja.....	226
5.2.4. Arqueta de intervención y prueba métrica	227
6. CASETA PARA SISTEMA NEUMÁTICO.....	227
7. EDIFICACIONES DE SERVICIO	228
8. PAVIMENTO	228
9. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE LA OBRA CIVIL	229
7. <u>SEGURIDAD Y PREVENCIÓN</u>	231
1. EQUIPO CONTRA INCENDIOS	231
1.1. Extintores.....	231
1.1.1. Normas básicas.....	231
1.1.2. Ubicación en la instalación y tipos	231
1.1.2.1. Zona de almacenamiento	231
1.1.2.2. Zona de suministro	232
1.2. Instalaciones de agua.....	233
2. EMERGENCIAS.....	233
2.1. Gestión de emergencias.....	233
2.1.1. Pérdidas leves.....	233

2.1.2. Pérdidas graves	233
2.1.3. Incendios	233
2.2. Sistemas de corte en caso de emergencias	234
3. SEÑALIZACIÓN	234
3.1. Carteles	234
3.1.1. Carteles de aviso y prohibición generales	234
3.1.2. Carteles de aviso y prohibición específicos	235
3.1.3. Normas de actuación de funcionamiento	236
3.1.4. Esquema de la instalación e identificación de elementos	238
3.1.5. Gestión de emergencias.	238
3.2. Paneles	239
3.2.1. Panel de la zona de almacenamiento	239
3.2.2. Panel de la zona de suministro.	239
3.3. Suelos	240
4. PROTECCIONES.....	240
8. ESTUDIO ECONÓMICO Y DE VIABILIDAD	241
1. INTRODUCCIÓN	242
2. DATOS	242
2.1. Número de vehículos.....	242
2.2. Consumo de GPL anual.....	243
2.3. Coste del GPL (Empresa suministradora).....	243
2.4. Precio del GPL (venta al público)	243
2.5. Coste de la instalación	244
2.6. Coste mantenimiento de la instalación	244
3. ESTUDÍO ECONÓMICO.....	245
3.1. Tiempo de amortización	245
3.2. Beneficio anual	245
4. CONCLUSIONES.....	247
9. BIBLIOGRAFÍA.....	248
9.1. Libros consultados	249
9.2. Artículos.....	249
9.3. Páginas web	250
9.4. Herramientas informáticas	250
10. ANEXOS.....	251
10.1. Cálculos.....	252
▶ Anexo 1: Diseño del depósito	252
1. INTRODUCCIÓN	251
1.1. Método general de diseño	252
1.2. Código de diseño y Normativa.....	253
1.3. Uso del Código ASME Sección VII División I en España.....	253
2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PROYECTO.....	254
2.1. Volumen.....	254
2.2. Temperatura de diseño	254
2.3. Presión de diseño.....	255
3. SELECCIÓN DE MATERIALES.....	256
4. FORMA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	257
4.1. Forma	257

4.2. Posición.....	257
4.3. Fondos.....	257
4.4. Accesorios	258
5. CORROSIÓN	259
5.1. Normativa de corrosión	259
5.2. Margen de corrosión.....	259
6. DISEÑO DEL CUERPO DEL DEPÓSITO	261
6.1. Tamaño óptimo del recipiente	261
6.2. Cálculo de las dimensiones y del espesor del depósito	262
6.2.1. Cálculos para D_2	262
6.2.2. Cálculos para D_3	265
6.2.3. Elección del diámetro	266
6.3. Comprobación de la presión	267
6.4. Comprobación de esfuerzos	268
6.5. Espesor de fondos.....	269
6.6. Prueba de presión hidrostática.....	273
7. DISEÑO DE ACCESORIOS	275
7.1. Boca de hombre	275
7.2. Tubuladuras.....	275
7.2.1. Ubicación.....	276
7.2.2. Descripción.. ..	278
7.2.3. Conformación	284
7.2.4. Refuerzos registros	287
7.2.5. Soldadura	282
7.3. Silletas	292
7.3.1. Método de diseño.....	293
7.3.2. Características generales	294
7.3.2.1. Tipo de silletas.....	294
7.3.2.2. Material.....	294
7.3.2.3. Número y localización	295
7.3.2.4. Ángulo de contacto.....	295
7.3.3. Diseño	295
7.3.3.1. Cálculo de cargas.....	296
7.3.3.2. Cálculos de los parámetros de la silleta.	298
7.3.3.3. Soldadura	301
7.3.3.4. Compresión y expansión del depósito	301
7.3.3.5. Comprobación del espesor del alma.....	302
7.3.3.6. Comprobación de esfuerzos	304
7.4. Orejetas	310
7.4.1. Material.....	310
7.4.2. Ubicación.....	311
7.4.3. Diseño	311
7.4.4. Verificación del espesor del recipiente	312
7.4.5. Soldadura	313
► Anexo 2: Red de tuberías	314
1. COMPROBACIÓN DE LA VELOCIDAD EN LA LÍNEA DE LA BOMBA (C).....	314
2. PÉRDIDAS DE CARGA EN LA LÍNEA DE LA BOMBA (C)	316
2.1. Cálculo de la longitud de la tubería	317
2.2. Cálculo de la longitud equivalente	317
2.3. Cálculo de las pérdidas de carga	318

2.4. Comprobación.....	321
▶ Anexo 3: Cálculo caudal de descarga y elección de válvulas de seguridad ..	323
▶ Anexo 4: Diseño del sistema de protección catódica	325
▶ Anexo 5: Cálculos de soldadura del depósito	330
▶ Anexo 6: Estimación del precio del depósito.....	333
1. INTRODUCCIÓN	333
2. PRECIO DE LAS PARTES DEL DEPÓSITO ...	333
2.1. Cálculo del precio del cuerpo del depósito.	333
2.2. Precio del acabado y la pintura	334
2.3. Precio de la boca de hombre	334
2.4. Precio de las tubuladuras	334
2.5. Precio de las orejetas	336
2.6. Precio de las pruebas y los ensayos	336
3. PRECIO DEL DEPÓSITO	336
10.2. Gráficos y tablas	338
▶ Anexo 7: Gráficos y tablas para el diseño del depósito.	338
▶ Anexo 8: Gráficos y tablas para la soldadura en el depósito.....	367
▶ Anexo 9: Gráficos y tablas para la red de tuberías	374
10.3. Fichas técnicas	377
▶ Anexo 10: Fichas técnicas de Protección contra la Corrosión... ..	377
▶ Anexo 11: Fichas técnicas de la de tuberías y accesorios.....	384
▶ Anexo 12: Fichas técnicas de los instrumentos de medida.....	386
▶ Anexo 13: Fichas técnicas de la valvulería.....	391
▶ Anexo 14: Fichas técnicas de la bomba y el bypass.....	400
▶ Anexo 15: Fichas técnicas del surtidor ..	405
▶ Anexo 16: Fichas técnicas de la puesta a tierra	409
▶ Anexo 17: Fichas técnicas de la obra civil ...	410
▶ Anexo 18: Fichas técnicas de Seguridad y Prevención.....	413
▶ Anexo 19: Fichas técnicas de la Prueba métrica	420
10.4. Otros documentos	421
▶ Anexo 20: Definiciones	421

▶ Anexo 21: Ficha de seguridad del GPL.....	424
1. Identificación.....	424
2. Composición e información de los componentes.....	424
3. Identificación de los peligros	424
4. Primeros auxilios.....	425
5. Medidas de lucha contra incendios.....	426
6. Medidas en caso de vertido accidental.....	427
7. Manipulación y almacenamiento.....	428
8. Controles de la exposición y protección personal.....	429
9. Propiedades físicas y químicas.....	430
10. Estabilidad y reactividad.....	430
11. Información toxicológica.....	431
12. Información ecológica.....	432
13. Consideraciones relativas a la eliminación	432
14. Información relativa al transporte.....	433
15. Información reglamentaria.....	434
16. Otra información.....	435
▶ Anexo 22: Estudio básico de Seguridad y Salud de la obra civil.....	436
1. Descripción y localización de los trabajos.....	436
2. Personal previsto.....	436
3. Riesgos específicos.....	436
3.1. Respecto al lugar de trabajo.....	436
3.2. Respecto a la obra civil.....	436
3.3. Respecto a la obra mecánica.....	437
3.4. Medidas y normas de seguridad aplicables.....	437
3.4.1. Medidas de seguridad colectivas.....	437
3.4.1.1. Respecto al lugar de trabajo.....	437
3.4.1.2. Respecto a la obra civil	438
3.4.1.3. Respecto a la obra mecánica.....	438
3.4.1.4. Trabajos con posible presencia de gases ...	439
3.4.2. Medidas de seguridad individuales	439
3.4.3. Normativa legal y reglamentación aplicable.....	440
4. Formación.....	440
5. Botiquines.....	440
6. Asistencia a accidentados.....	441
7. Reconocimiento médico	441
8. Riesgos propios de la actividad.....	441
9. Espacio de trabajo.....	441
10. Orden y limpieza	442
11. Normativa aplicable	442
DOCUMENTO II: PLANOS	443
▶ Plano Nº 1: Depósito de almacenamiento de GPL	444
▶ Plano Nº 2: Detalle del depósito: Orejetas	445
▶ Plano Nº 3: Detalle del depósito: Silletas	446
▶ Plano Nº 4: Estación de suministro de GPL.....	447
▶ Plano Nº 5: Zona de almacenamiento.....	448
▶ Plano Nº 6: Zona de suministro.....	449
▶ Plano Nº 7: Esquema de flujo	450

▶ Plano Nº 8: Red de tuberías.....	451
▶ Plano Nº 9: Sistema de protección catódica	452
▶ Plano Nº 10: Equipos contra incendios y señalización	453

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES 454

1. DISPOSICIONES GENERALES	455
1.1. Objetivo del pliego de Condiciones.....	455
1.2. Obras accesorias no especificadas	455
1.3. Documento que definen la obra	455
1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos	456
1.5. Dirección de las obras.....	456
2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	457
2.1. Diseño y ejecución de la instalación	457
2.2. Replanteo	457
2.3. Condiciones de Ejecución	457
2.3.1. Movimiento de tierras.....	457
2.3.2. Obras de saneamiento.....	458
2.3.3. Cimentaciones	458
2.3.4. Estructuras metálicas.....	458
2.3.5. Albañilería	458
2.3.6. Instalación eléctrica	458
2.3.7. Instalaciones de fontanería.....	458
2.3.8. Instalaciones de ventilación	458
2.3.9. Instalaciones de Protección contra Incendios	459
2.3.10. Pinturas	459
2.4. Documentación y puesta en servicio	459
2.4.1. Autorización administrativa	459
2.4.2. Documentación técnica.....	459
2.4.3. Ejecución.....	460
2.4.4. Pruebas previas	460
2.4.5. Certificados	460
2.4.6. Puesta en servicio.....	461
2.4.7. Comunicación a la administración	461
2.5. Mantenimiento y revisiones periódicas	462
2.6. Información a los usuarios.	463
2.7. Empresas y personal que intervienen en instalaciones y aparatos de gas.....	463
2.8. Empresas instaladoras de gas	463
2.9. Instaladores de gas	463
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	464
3.1. Obligaciones y derechos del contratista	464
3.2. Trabajo, materiales y medios auxiliares.....	465
3.2.1. Libro de órdenes	465
3.2.2. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución	465
3.2.3. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	466
3.2.4. Trabajos defectuosos.....	466
3.2.5. Materiales no utilizables o defectuosos	466
3.2.6. Medios auxiliares	467
3.3. Recepción y liquidación	467
3.3.1. Recepción provisional de las obras	467
3.3.2. Periodo de garantías.....	468

3.3.3. Recepción definitiva	469
3.3.4. Documentación final de la Obra	469
3.4. Facultades de la dirección de obra	470
4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.....	471
4.1. Base fundamental	471
4.2. Garantías.....	471
4.3. Fianzas.....	471
4.4. Composición de precios unitarios	471
4.5. Precios contradictorios.....	472
4.6. Reclamaciones de aumento de precio.....	473
4.7. Revisión de Precios	473
4.8. Penalizaciones	474
4.9. Seguros de los trabajos	475
4.10. Condiciones de pago.....	476
5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	477
5.1. Jurisdicción.....	477
5.2. Contrato.....	477
5.3. Accidentes de trabajo y daños a terceros	478
5.4. Subcontratas	479
5.5. Causas de rescisión del contrato	479
6. CONDICIONES PARTICULARES DE LOS EQUIPOS	482
6.1. Especificaciones generales de los materiales, equipos y aparato de gas	482
6.2. Especificaciones particulares de los equipos	482
6.2.1. Depósito	483
6.2.2. Instrumentos de medida	484
6.2.3. Valvulería	484
6.2.4. Tuberías y accesorios	485
6.2.5. Equipos de impulsión y suministro	486
6.2.6. Sistema de protección catódica.....	486
6.2.7. Seguridad y prevención	487
6.2.8. Materiales obra civil	488
6.3. Cumplimiento de las prescripciones.	489
6.4. Excepciones.	489
6.5. Infracciones y sanciones.	489
7. NORMATIVA APLICADA.....	490
7.1. Disposiciones particulares	490
7.2. Normas de edificación.....	491
7.3. Normas UNE	492
7.4. Normas ISO.....	492
7.5. Equivalencia de normativa del Espacio Económico Europeo.....	492
DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO.....	493
1. INTRODUCCIÓN	494
2. ESTADO DE MEDICIONES	495
2.1. Presupuesto Parcial	503
3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)	509
4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.)	510

**Documento I:
MEMORIA
DESCRIPTIVA.**

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 1: Introducción.

1. ANTECEDENTES

En la actualidad, uno de los mayores problemas que afecta al sector económico, social y ambiental tanto en España como a nivel mundial, es el uso de determinados combustibles en el sector de la automoción.

Son por todos conocidos los problemas de contaminación derivados de los procesos de producción y del uso de gasóleos y gasolinas; los problemas económicos y sociales que generan la subida de sus precios y la dependencia de otros países para su suministro.

En los últimos años se han buscado soluciones alternativas de todo tipo (automóviles que funcionan con energía eléctrica, solar o hidrógeno) y se ha fomentado el uso de combustibles alternativos menos agresivos con el medio ambiente. El problema es que, a día de hoy, ninguna de las soluciones estudiadas es viable al 100 % por algunas de las siguientes razones: suponen un cambio total de la flota de vehículos e instalaciones de suministro existentes, los costes de adaptación de los vehículos son muy elevados, la producción del combustible genera productos secundarios, no se obtienen las mismas prestaciones que en los automóviles actuales, etc.

En cambio, existe ya un combustible que reúne las mismas características positivas que los clásicos, pero anula o reduce las características negativas de éstos. Tiene un menor coste, disminuye la contaminación, tiene un bajo coste de instalación en los automóviles (no es necesario comprar un nuevo vehículo, se puede instalar en uno ya existente) y se puede combinar su uso con el uso de los combustibles anteriores (alimentación “bifuel”). Este combustible es el GPL o lo que es lo mismo “Gas de Petróleo Licuado”.

Por último y como dato más importante, decir que está demostrada la aceptación, viabilidad y conveniencia económica, mecánica y ambiental de este combustible, ya que está implantado en otros países desde hace años obteniéndose unos resultados muy favorables.

2. COMBUSTIBLES PARA AUTOMOCIÓN

2.1. Combustibles usados actualmente

Los principales combustibles que se usan hoy día en el sector de la automoción son el gasóleo y las gasolinas en sus diversas versiones.

Pueden verse en la siguiente tabla los diversos tipos y sus características generales:

Tabla I.1:
Características generales de la gasolina y el gasoil.

Parámetro	Gasolina		Gasoil	
Estado físico	Líquido		Líquido	
Densidad (g/l)	720		850	
Energía (MJ/l)	34.78		38.65	
Energía (MJ/kg)	48.31		45.47	
Tipos comercializados	Súper 98	Súper 95	Gasóleo A	Gasóleo A*
P.V.P(€/l)	0.94	1.05	0.86	0.92

Estos combustibles se usan en todo el mundo desde hace años, lo que hace que estén bien estudiados y desarrollados. En España están implantados como combustibles básicos para la automoción, lo que implica que existan todas las instalaciones necesarias para su producción, distribución y uso.

El hecho de que se haya usado durante tantos años conlleva una serie de ventajas, que son las siguientes:

- ▶ Amplio conocimiento del combustible en sí (propiedades de los combustibles, mejores formas de producirlo, distribuirlo y usarlo).
- ▶ Implantado en España desde hace años: existencia y perfeccionamiento de todos los procesos e instalaciones derivadas de su producción, distribución y uso en el sector de la automoción (estaciones de servicio y vehículos fabricados para su uso).
- ▶ Exclusividad: Son los únicos combustibles usados para automoción en España país; un cambio de combustible implicaría el cambio de todas las instalaciones, lo que implicaría a su vez un cambio en la economía nacional.

- ▶ Aceptación social, debido a su uso durante años.
- ▶ Legislación perfectamente completada y actualizada.

Pero el uso de estos combustibles conlleva una serie de inconvenientes:

- ▶ No disponibilidad de la materia prima en España: dependencia del suministro de otros países.
- ▶ Es una fuente de energía no renovable, lo que implica el aumento de su precio y su futuro agotamiento.
- ▶ Aumento y variabilidad constante de los costes, lo que conlleva una inestabilidad tanto económica como social.
- ▶ Contaminación: El uso de estos combustibles genera emisiones de gases (NO_x , CO , CO_2 e HC) y de partículas, que son las causantes de los principales problemas de contaminación actuales: el efecto invernadero, la lluvia ácida y agujero de la capa de ozono.
- ▶ Futuro endurecimiento de las leyes: a medida que pasa el tiempo, las leyes referentes a la emisión de gases y partículas serán más estrictas cada vez, teniendo que modificar los motores de los vehículos para disminuir las emisiones y pudiendo llegar a restringirse el uso de determinados vehículos en determinadas zonas.

2.2. Combustibles alternativos

A continuación se muestran las alternativas existentes en la actualidad a los combustibles convencionales en el sector de la automoción:

Gas Natural

Más limpio que la gasolina y el gasoil, pero su uso en España no es posible su comercialización a todos los sectores. Sólo se suministran a algunas flotas de autobuses o taxis.

Biocombustibles: Biodiesel y Bioetanol

Se entiende por biocombustible a aquellos combustibles que se obtienen de biomasa, es decir, de organismos recientemente vivos (como plantas) o

sus desechos metabólicos (como estiércol). Los más desarrollados y usados son el bioetanol y el biodiesel.

■ **Bioetanol**

El bioetanol es producido a partir de la fermentación del maíz, sorgo, remolacha, trigo, caña de azúcar, otras variedades de plantas y biomasa.

Se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien en mezclas, donde no se requieren cambios significativos en el motor del vehículo, o como único combustible, donde el motor debe estar específicamente diseñado para el biocombustible.

La ventaja de este combustible es que usa biomasa o materiales basados en las plantas para generarlo, pero los actuales métodos de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía comparada al valor de la energía contenido en el combustible producido. Además, en la combustión del etanol produce más gases de efecto invernadero que en la de la gasolina.

Por estas razones, no es factible sustituir completamente el uso de los combustibles actuales por el bioetanol.

■ **Biodiesel**

El biodiesel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación.

El biodiesel es el único combustible que puede utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir modificaciones en el diseño básico del motor. Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diesel de petróleo. La mezcla más común es del 20% de biodiesel con 80% diesel de petróleo, denominado "B20."

Desde el punto de vista energético el biodiesel es una fuente de energía renovable y además, su balance energético es positivo, es decir, la energía contenida en el combustible es mayor que la invertida en su elaboración.

Por otro lado, el impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva son negativas, sobretudo en el Tercer Mundo.

■ Electricidad

Los vehículos eléctricos fueron muy populares en los primeros años de la automoción cuando los motores tradicionales no eran muy fiables.

Básicamente presenta dos problemas: el almacenamiento y la recarga. Requiere grandes y costosas baterías, de gran volumen y peso, por lo que su autonomía resulta limitada. Esto sería un problema menor si la recarga de las baterías fuera instantánea, pero requiere varias horas. Algunas marcas afirman que el problema comienza a estar resuelto, pero el coste de las baterías es todavía demasiado elevado.

■ Motores híbridos

Vehículos con doble motorización, gasolina o diesel y eléctrica, que funciona de forma selectiva. El motor tradicional es el que se utiliza normalmente y la energía sobrante del mismo alimenta las baterías. El motor eléctrico proporciona una sobrepotencia puntual en el momento en que se precisa, e incluso es capaz de mover por sí sólo el vehículo por tiempo limitado. Los híbridos más avanzados pueden recargar las baterías desde la red eléctrica. En la actualidad existen algunos modelos con este sistema, pero son demasiado costosos y no existen suficientes puntos dónde recargarlos.

■ Hidrógeno

El hidrógeno puede ser utilizado en automoción de dos formas: bien alimentando un motor tradicional, en cuyo caso habría emisiones de óxido de nitrógeno (NO_x), que pueden filtrarse y controlarse bien mediante el sistema “Fuel Cell”; o puede conseguirse en el propio automóvil a partir de gasolina o etanol, por ejemplo, gracias a un reformador, pero en este caso hay emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

La combustión del hidrógeno da como resultado agua en lugar de dióxido de carbono, pero tiene sus exigencias. En su obtención se que requieren grandes cantidades de energía (y por tanto depende de donde se obtenga ésta para tener en cuenta su neutralidad) y su distribución es muy costosa.

Uno de sus problemas es que sólo se licua con gran presión y a temperaturas muy bajas, lo que aumenta considerablemente su coste.

“Fuel Cell”

No es propiamente un combustible sino un tipo de motor doble que utiliza hidrógeno líquido para obtener electricidad, de ahí “Fuel Cell” o pila de combustible, siendo ésta la que acciona el motor eléctrico del automóvil. El hidrógeno y el oxígeno del aire se unen para dar agua mediante una reacción electro física en la pila de combustible, en la que no se desprende calor ni explosión alguna. Muchas marcas de automóviles están realizando ensayos con pequeñas flotas en diversos lugares, especialmente California y Japón.

Energía solar

Algunas universidades han investigado con coches que funcionan con energía solar pero la superficie de placas necesaria los hace inviables por el momento. Sin embargo, podría pensarse en utilizar placas solares para alimentar algunos sistemas auxiliares.

Metano

Está en pleno apogeo en Europa en la actualidad. En cuanto a la instalación en el vehículo y características generales es similar al GPL, aunque no está tan desarrollado ni extendido.

La presión a la cual se almacena el combustible en el depósito es más alta que la del GPL, por lo cual el depósito será más pesado. La instalación es más costosa, aproximadamente 700 € más que la del GPL. No existen muchas áreas de servicio que lo suministren, pues su uso no está muy extendido. En cuanto al coste del combustible, un kilogramo de metano cuesta aproximadamente 80 céntimos, pero equivale a 1,6 litros de gasolina.

Como se ha visto, ninguna de las alternativas anteriores es viable al cien por cien por algunas de las siguientes razones:

- ▶ Su coste de producción es muy elevado.
- ▶ Implica la eliminación de automóviles actuales y compra de vehículos nuevos o tienen un coste de adaptación muy elevado.
- ▶ Cambio en las instalaciones necesarias para su distribución: inversión económica de las empresas distribuidoras.

- ▶ Difícil almacenamiento y transporte del combustible.
- ▶ No se obtienen las mismas prestaciones que en los vehículos actuales.
- ▶ Posible desconfianza o rechazo social debido a la inexistencia de datos que avalen el correcto funcionamiento del nuevo combustible.

Vistas las ventajas y los inconvenientes de los combustibles alternativos existentes en la actualidad, se llega a la conclusión de que ninguno de ellos es el candidato ideal para sustituir definitivamente a los combustibles tradicionales. Por ello se buscará un combustible que reúna todas las características positivas de los clásicos, que sea respetuoso con el medio ambiente como los combustibles alternativos. Este combustible es el GPL.

2.3. Combustibles gaseosos

Dado que el GPL es un combustible gaseoso, se muestra a continuación la clasificación y las características principales de éstos.

Los combustibles gaseosos se clasifican en tres grandes familias según sus características comunes, teniéndose así:

Primera familia

Está formada por gases manufacturados, los más importantes son:

- ▶ Gas ciudad: El proceso productivo consiste en la transformación de un hidrocarburo no apto para el consumo doméstico en otro gaseoso apto.
- ▶ Gas de hulla: El proceso productivo consiste en la transformación del carbón de hulla en gas y en carbón de coque.
- ▶ Gas de agua: El proceso productivo consiste en inyectar vapor de agua en un lecho de carbón de coque a 1000 °C obteniéndose así este gas.
- ▶ Gas craqueado o reformado: El proceso productivo consiste en aplicar calor a hidrocarburos para el consumo doméstico (líquidos craqueados, gases reformados) para poder formar una mezcla de gases apta para intercambiar con el gas ciudad, para sustituirlo o suplementarlo.

■ Segunda familia

Está formada por los gases naturales, que se encuentran en la naturaleza. Los principales de esta familia son:

- ▶ Gas natural
- ▶ Aire butanado (con mayor contenido en butano)
- ▶ Aire propanado (con mayor contenido en propano)

■ Tercera familia

Está formada por productos derivados del petróleo, denominados GPL (Gases Licuados del Petróleo). Se almacenan en fase líquida y se evaporan para el consumo. Los principales gases de esta familia son:

- ▶ Butano
- ▶ Propano

3. GPL COMBUSTIBLE

3.1. Definición

Reciben el nombre de GPL o Gas del Petróleo Licuado, las mezclas de hidrocarburos donde el butano y propano son dominantes. Se comercializan en distintas proporciones en función de su uso.

En su estado natural son gaseosos, pero al almacenarlos en recipientes cerrados y a temperatura ambiente gran parte de ellos pasan a fase líquida, ocupando un volumen 250 veces inferior al que ocuparían en estado vapor. Lo cual facilita su transporte, almacenamiento y distribución.

3.2. Obtención

El GPL se encuentra normalmente en la naturaleza, el 60% del que se comercializa en el mundo se obtiene directamente de yacimientos de gas natural o petróleo, mientras que el 40% restante es producto de la destilación del petróleo.

► GLP de gas natural:

El gas natural tiene cantidades variables de propano y butano que pueden ser extraídos por procesos consistentes en la reducción de la temperatura del gas hasta que estos componentes y otros más pesados se condensen. Los procesos usan refrigeración o turboexpansores para lograr temperaturas menores de - 40°C, necesarias para recobrar el propano. Subsecuentemente estos líquidos son sometidos a un proceso de purificación usando trenes de destilación para producir propano y butano líquido o directamente GLP.

► GLP de refinerías:

Una vez que el petróleo crudo llega a refinería primaria, se obtienen los distintos cortes (destilados), entre los cuales están el gas húmedo, naftas o gasolinas, queroseno, gasóleos atmosféricos o diesel y gasóleos de vacío. Éstos últimos se llevan a una planta FCC (*Fluid Catalytic Cracking*) y mediante un reactor primario a base de un catalizador a alta temperatura, se obtiene el GLP, gasolinas y otros productos más pesados. Luego esta mezcla luego se separa en trenes de destilación, obteniéndose cada uno de ellos por separado.

3.3. Distribución

Una vez extraídos, los GPL son comprimidos hasta licuarlos y se almacenan en estado líquido en grandes depósitos, normalmente anexos a las instalaciones de refinería o portuarias, llamadas terminales.

Los depósitos de almacenamiento pueden ser de varios tipos:

- ▶ Depósitos a presión.
- ▶ Depósitos refrigerados o de presión atmosférica.
- ▶ Depósitos semirefrigerados.
- ▶ Depósitos subterráneos: en cavidad salina o galerías mineras convencionales.

Desde los terminales el GPL se transporta en barcos, en cisternas, tanto por ferrocarril como por carretera o gaseoductos hasta las plantas de llenado para su distribución comercial en botellas o depósitos a granel.

3.4. Almacenamiento y aplicaciones

El GPL es usado en diversos sectores y con diversas aplicaciones. En función de su uso se almacena en distintos tipos de depósitos:

- ▶ GPL envasado: se almacena en bombonas de distintos tamaños, en función del futuro uso y de la empresa suministradora. Se utilizan exclusivamente como combustible doméstico para la cocina, el agua y la calefacción.
- ▶ GPL en depósitos fijos Existen depósitos de distintos tamaños y formas, aunque los más usados son los cilíndricos. Se pueden instalar enterrados o al aire libre.

Este tipo de forma de almacenar el GPL se utiliza principalmente en los sectores domésticos, residencial, comercial, en la agricultura y en determinadas industrias.

- ▶ GPL automoción: para su uso como carburante. Se almacena en depósitos fijos enterrados o exteriores y con menor frecuencia en bombonas.

Los distintos sectores donde se usa el GPL como combustibles son:

- ▶ Sector de la automoción: turismos, taxis, vehículos pesados, “kars”.
- ▶ Sector de la climatización: doméstico, residencial, o industrial.
- ▶ Sector doméstico: para cocina, agua caliente, calefacción, refrigeración, iluminación y potencia.
- ▶ Sector agrícola: en secaderos e invernaderos.
- ▶ Sector de restauración y hostelería: aparatos de cocina, agua caliente, calefacción, refrigeración otros aparatos con necesidades energéticas.
- ▶ Sector cerámico: en los procesos de fabricación donde se necesita calor, como son el atomizado, la cocción y el secado.
- ▶ Sector metalúrgico: en hornos y procesos que necesitan calor, como la fusión, la laminación, la forja y los tratamientos térmicos (cuando el gasóleo no es útil y no se dispone de suministros cercanos de gas natural).
- ▶ Sector alimentario: En procesos que impliquen calentamiento o cocción (repostería y panadería).

3.5. Composición

Como se ha dicho anteriormente el GPL no es una sustancia pura, sino una mezcla formada por propano y butano, donde aparecen también otros compuestos en cantidad de traza.

Su composición no está definida estrictamente, es decir, no existe un valor fijo para cada uno de los componentes en la mezcla. Sino que en las especificaciones de elaboración, se definen valores máximos o mínimos en lo que respecta a la composición para cada uno de sus componentes, así como se fijan valores de las características físicas de algunos de ellos. Estos valores pueden ser distintos en función de su futura aplicación.

En la siguiente tabla se pueden ver los valores límite (máximos o mínimos) en cuanto a composición de los distintos componentes en volumen.

Tabla I.2:
Valores límite de la composición del GPL*.

Composición	Mínimo	Máximo	Medio
Hidrocarburos C2 (% vol.)		2,5	0,6
Hidrocarburos C3 (% vol.)	80,8		87,3
Hidrocarburos C4 (% vol.)		20,0	11,9
Hidrocarburos C5 (% vol.)		1,5	
Olefinas totales (% vol.)		35,0	
Diolefinas y acetilenos(ppm)		<1,000	
Azufre total (mg/kg)		50	

*Fuente Repsol YPF.

Mientras que en la siguiente se observan los valores entre los cuales se deben encontrar ciertas propiedades del propano comercial, como la densidad, la presión de vapor o el poder calorífico.

Tabla I.3:
Valores límite de las propiedades del GPL*.

Propiedades	Mínimo	Máximo	Medio
Densidad a 15°C líquido (kg/l)	0,502	0,535	0,518
Presión Vapor a 37,8°C (kg/cm ²)	10	16	
Poder calorífico inferior (kcal/kg)	10.800		11.082
Poder calorífico superior (kcal/kg)	11.900		12.052

*Fuente Repsol YPF.

Así todo, cada productor de GPL establecerá dentro de su empresa unos valores más o menos fijos para la composición de su GPL en función de la futura aplicación del combustible, de este modo no se producirán grandes variaciones en la composición del producto que suministra.

3.6. Propiedades físicas y químicas

Para definir las distintas propiedades del GPL hay que tener en cuenta las propiedades físicas del propano y del butano y del resto de sus posibles componentes. Si no se dispone de la composición exacta de todos los componentes (ya que ésta varía en función del fabricante y de la aplicación), se aproxima tomando las propiedades del propano y el butano, ya que son los componentes que se encuentran en mayor proporción.

■ Estado físico

Se presenta en estado gaseoso, es fácilmente licuable a partir de bajas presiones, lo que facilita su transporte y almacenamiento.

■ Densidad

La densidad relativa media en fase líquida (tomando como líquido de referencia el agua) es aproximadamente 0,5 kg/l.

La densidad relativa media en fase gaseosa para el propano comercial (tomando como gas de referencia al aire en condiciones normales) es de 1,57, mientras que para el butano es de 2,03. Esto significa que tanto el propano como el butano son más densos que el aire, por lo que tenderán a caer al suelo y embolsarse. Será muy importante en posibles escapes de gas.

■ Tensión de vapor

Cuando una mezcla de butano y propano se introduce contenida en un recipiente cerrado y vacío se evapora hasta que se alcanza el equilibrio entre la fase líquida y la gaseosa, el vapor alcanza una cierta presión que depende de la temperatura. Esta presión ejercida por el vapor en equilibrio con el líquido se denomina tensión de vapor del líquido a esa temperatura.

Esto sucede para los distintos pares de presión y temperatura, a una composición dada. Por ejemplo, la tensión de vapor a 50 °C oscila entre 7 kg/cm² para el butano y 20 kg/cm² para el propano.

■ Temperatura de ebullición

La temperatura de ebullición es la temperatura a la cual un líquido pasa a estado gaseoso a una determinada presión, para el GPL a presión atmosférica esta temperatura es de - 44 °C. Por ello a presión atmosférica y temperatura ambiente, el GPL se encuentra en estado gaseoso.

Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del butano debe ser inferior a - 0,5 °C y la del propano a - 42,2 °C. Mientras que para obtener líquido a temperatura ambiente, se debe someter al GPL una presión mínima de aproximadamente 2 atmósferas.

■ Límites de inflamabilidad

Para que un gas arda se necesita la aplicación de una temperatura igual o superior a la temperatura de inflamación; se necesita también que esté mezclado homogéneamente con el oxígeno del aire en una determinada proporción. Esta proporción tiene unos límites inferior y superior, dentro de los cuales se produce la inflamación. Pueden verse los límites de inflamabilidad de los distintos gases que componen el GPL en la siguiente tabla:

Tabla I.4:
Límite de Inflamabilidad de los gases que componen el GPL.

GAS	LÍMITE DE INFLAMABILIDAD	
	Inferior (%)	Superior (%)
Metano	5,00	15,00
Etano	3,22	12,45
Propano	2,37	9,50
isoButano	1,80	8,44
n-Butano	1,86	8,41

Los gases butano y propano son inflamables y si se mezclan en la proporción adecuada con el aire y se les aplica un punto de ignición, arden. Las concentraciones necesarias de gas en aire, para que una mezcla sea inflamable, oscilan como se puede ver en la anterior tabla entre:

- ▶ Butano: 1,86 , 8,41 %
- ▶ Propano: 2,37 , 9,50%

Por esta misma razón, el gas contenido en un recipiente, por carecer de aire, no puede inflamarse.

■ Toxicidad

El GPL no es tóxico. Únicamente en el caso de combustión incorrecta debido a un defecto de oxígeno puede producir monóxido de carbono, que es sumamente tóxico, por eso es importante tener cuidado con aparatos que funcionan en locales cerrados o al realizar las chimeneas.

■ Corrosión

El GPL disuelve las grasas y el caucho natural, por eso hay que utilizar materiales sintéticos que no puedan atacar (como el teflón en las juntas).

■ **Odorizantes**

Al GPL comercial, por medidas de seguridad, se le añaden unos productos llamados odorizantes que le confinan un olor característico, pues en estado puro son inodoros; de este modo serán fácilmente detectables en caso de escapes.

3.7. Propiedades energéticas

Sus características de alta pureza y la homogeneidad de sus componentes, hace que sea muy fácil ajustar el aire necesario para que la combustión de estos productos sea la estequiométrica. Además están prácticamente exentos de azufres y otros metales, lo que hace que su combustión sea más limpia y eficaz.

En la siguiente tabla puede verse una comparación del poder calorífico inferior, el rendimiento y el calor útil de distintos combustibles:

Tabla I.5:
Comparación energética de distintos combustibles.

COMBUSTIBLE	P.C.I ⁽¹⁾	Unidad	Rendimiento ⁽²⁾	Calor útil ⁽³⁾
Propano	11.000	kcal/kg	85%	9.350
	21.950	kcal/m ³	85%	18.658
Butano	10.900	kcal/kg	85%	9.265
	28.260	kcal/m ³	85%	24.021
Metano	9.000	kcal/m ³	85%	7.650
Aceite	9.800	kcal/kg	70%	6.860
Gasóleo	10.200	kcal/kg	75%	7.650
Keroseno	10.350	kcal/kg	75%	7.725
Leña seca	4.600	kcal/kg	45%	2.070
Coke	6.400	kcal/kg	50%	3.200
Energía eléctrica	860	kca/kWh	100%	860

⁽¹⁾ El P.C.I (poder calorífico inferior) es la cantidad de calor efectivo obtenido de la combustión completa de la unidad de volumen (m³) o de masa (kg) de un combustible.

⁽²⁾ El rendimiento medio de la transformación, relativo a la utilización de aparatos de combustión común.

⁽³⁾ Las calorías útiles están calculadas multiplicando el P.C.I por el rendimiento medio.

Al comparar los valores del propano y el butano con el metano o el gasóleo, se ve que el calor útil es mayor para el par metano-butano en ambos casos, lo que implica que el calor útil proporcionado por su mezcla será también mayor.

3.8. Riesgos del producto

Las características físico-químicas del GPL lo convierten en un producto que genera riesgos. Al igual que cualquier fuente de energía, su manejo, uso e incluso su residuo (mala combustión), también puede presentar situaciones de riesgo.

Hay que distinguir desde el punto de vista físico los dos estados en los que se presenta, ya que los riesgos variarán en función de si el producto se presenta en estado líquido o gaseoso.

Se hace a continuación un repaso a algunos peligros inherentes:

- ▶ El principal peligro potencial del GLP es el fuego. Esto deriva de su característica de alta inflamabilidad y en casos extremos puede combinarse con el hecho de estar sometido a presión, lo que puede conducir al fenómeno *BLEVE* (*Boling Liquid Expanding Vapor Explosion*).
- ▶ También puede surgir un peligro potencial en el punto de consumo si los productos de la combustión no se dispersan en la atmósfera y se permite la acumulación de monóxido de carbono (CO).
- ▶ Siendo el vapor de GPL más pesado que el aire, en caso de escape tenderá a acumularse próximo al suelo, con el riesgo de que puede encontrar una fuente de ignición mientras se mantiene dentro de sus límites de inflamabilidad.
- ▶ Un escape de GPL líquido es considerado mucho más peligroso que uno de gas, ya que al convertirse en fase gaseosa, su volumen se multiplica por un factor superior a 200.
- ▶ El GPL licuado o en forma de gas bajo presión puede causar quemaduras por congelación si se pone en contacto con la piel. El propano con un punto de ebullición bajo, puede ser más peligroso en este aspecto que el butano, que en estas condiciones, es más lento en evaporarse y dispersarse.
- ▶ La inhalación de vapor de GLP tiene efecto asfixiante, además de un efecto narcotizante, que podría llegar a producir lesiones.

- ▶ El GLP líquido tiene un alto coeficiente de expansión térmica y por lo tanto, los envases y los depósitos deberán tener un espacio vacío que permita la expansión del líquido cuando incremente la temperatura.
- ▶ El GLP al ser un líquido incoloro e inodoro y no es fácilmente visible en su estado gaseoso. Por ello se adiciona un odorizante antes de su distribución, para poder detectarlo en caso de fuga.

Para mayor información acerca de los riesgos del GPL y de los protocolos de actuación ante las distintas situaciones de emergencia ver la ficha de seguridad del producto, en el anexo 21. Más información adicional sobre los protocolos de actuación en el capítulo 7 “Seguridad y Prevención”.

3.9. Ventajas del GPL como combustible

Se recogen a continuación las principales ventajas del GPL como combustible:

- ▶ Óptimo rendimiento en la combustión.
- ▶ Bajo coste energético de producción en comparación con los otros combustibles tradicionales.
- ▶ Posee un rango de inflamabilidad menor que el de los combustibles alternativos (menor riesgo).
- ▶ Buenas características ambientales: baja emisión de gases y exentos de particulado y otros compuestos como plomo, benceno y azufre.
- ▶ Facilidad de transporte y distribución. Se almacena y transporta en estado líquido en recipientes a presiones no muy elevadas (5- 6 bar).
- ▶ Seguridad en el almacenamiento.
- ▶ Facilidad de uso, instrumentación simple y relativamente poco costosa.
- ▶ Facilidad y versatilidad en aplicaciones en el campo civil e industrial.
- ▶ Bajo coste en comparación con otros combustibles (gasolinas y gasóleos).
- ▶ Menor variabilidad de su precio.

4. GPL AUTOMOCIÓN

4.1. Definición y composición

Como se ha dicho anteriormente el GPL es una mezcla formada principalmente por propano y butano, donde aparecen también otros compuestos en cantidad de traza.

Además el GPL está odorizado con ciertos aditivos, como el etanetiolo o el metil mercaptano para que sea perceptible en caso de escape.

La composición y características del GPL como combustible para automoción se encuentran reguladas a nivel europeo por la *Norma UNE-EN 589 de 1993*. Mientras que a nivel nacional, es el Real Decreto de 1700/2003 de 15 de diciembre el que fija las especificaciones del GPL para automoción, donde se detallan los límites máximos y mínimos de determinadas magnitudes, como por ejemplo los porcentajes de butano y propano.

Por otro lado, las empresas distribuidoras desarrollan unas especificaciones internas más exigentes que las normas citadas, donde se define con mayor exactitud las características del combustible que suministra (proporción de propano y butano, el contenido de olefinas, azufre, residuo de evaporación, índice de octano y presión de vapor). De esta manera se garantiza la no variabilidad de la calidad del gas suministrado.

Decir también que dentro del sector de “GPL Automoción” existen subcategorías en función del tipo de vehículo que vaya a usar el combustible, donde lo que varía principalmente son las proporciones de propano y butano. Por ejemplo, Repsol Gas comercializa GPL Automoción con un 30% de propano y 70% de butano para vehículos ligeros y 65% de propano y 35% de butano para vehículos pesados.

4.2. Principales propiedades físicas y químicas

Como ya se han visto detenidamente todas las propiedades físicas y químicas en el apartado 6.6 de este capítulo y las energéticas en el 6.7, se muestra en la siguiente tabla una recopilación de las principales propiedades y características del GLP (propano y butano) y de los carburantes tradicionales (gasóleos y gasolinas).

Tabla I.6:
Propiedades y características de los principales combustibles de automoción.

Propiedades	Unidades Condiciones	Propano	GPL*	Butano	Gasolina	Gasóleo
Poder calorífico	MJ/l (liq.)	23,7	25,4	26,6	32,0	35,6
	MJ/kg	46,4	46,0	45,8	42,7	42,6
P. Calorífico mezcla	kJ/l, 25 °C	3,35	3,37	3,38	3,46	-
Estado Cond. Amb.		Gas	Gas	Gas	Líquido	Líquido
Presión en tanque.	kg/cm ² , 20°C	7,4	5-6	0,2	0,2-0,3	<atm
	37°C	13	7-8	2,6	0,5-0,8	<atm
Densidad líquido.	kg/l, 15°C	0,5	0,54	0,58	0,73	0,83
Densidad gas.	kg/m ³	2,02	-	2,7	-	-
Variación volumen (Gas/Líquido)	15°C	274	-	233	-	-
Relación esteq.	En masa	-	1/15,5	-	1/14,9	1/14,5

*Los valores referentes al GPL son valores medios.

4.3. Aplicaciones en el sector de automoción

Se usa como combustible en los siguientes vehículos:

- ▶ Turismos.
- ▶ Autobuses urbanos.
- ▶ Camiones.
- ▶ Camiones de basura.
- ▶ Carretillas elevadoras.
- ▶ Última aplicación en vehículos de competición en "Rally" ("Rallysprint").

Estos vehículos están tecnológica y comercialmente desarrollados, con prestaciones y fiabilidad equivalente a los de los vehículos de gasolina o diesel, se encuentran en constante evolución.

4.4. Vehículos alimentados con GPL

A continuación se muestran las características principales de los vehículos alimentados con GPL, tanto desde punto de vista mecánico (alimentación, transformación, vehículos que pueden transformarse, dónde realizar la transformación, componentes del equipo de GPL, funcionamiento, seguridad del vehículo), como desde el económico (vehículos a GPL en el mercado, mantenimiento, garantía, coste de la instalación y del combustible).

4.4.1. Doble alimentación

Los vehículos alimentados con GPL no usan solo este combustible, sino que son vehículos “bifuel”, es decir, pueden usar GPL y el combustible anterior del cual se surtían. Con tan solo accionar un interruptor (el conmutador) el conductor puede elegir que combustible usar en el momento deseado, inclusive estando el vehículo en marcha.

Estos vehículos ofrecen varias prestaciones con respecto a los monofuel:

- ▶ Posibilidad de elección de un combustible u otro en función de la situación y las necesidades (zona donde se circula, coste del combustible, etc.).
- ▶ Al ser los sistemas de alimentación de ambos combustibles independientes, permite el uso de uno si el otro dejase de funcionar.
- ▶ Proporciona mayor autonomía del vehículo al tener dos depósitos (uno para cada combustible).

Por ejemplo si se coloca un depósito toroidal, se podría disponer además de la capacidad que proporciona el depósito de gasolina, de 38 litros de GPL (equivalente a 31 litros de gasolina), lo que permitiría recorrer 310 km. Si por el contrario el depósito instalado es cilíndrico, se obtendría un volumen de GPL de 53 litros (equivalente a 43 litros de gasolina), pudiendo recorrerse en este caso una distancia de 430 km.

4.4.2. Transformación a GPL

La transformación que debe realizarse para que un vehículo con motor de gasolina o diesel pueda funcionar también con GLP es fácil y sencilla, no durará más de 8 horas. Consiste en instalar en el vehículo un equipo independiente para el almacenamiento y la alimentación del GPL, donde se respetará la estructura inicial del motor del vehículo, por lo que el vehículo funcionará con ambos combustibles (vehículo “bifuel”).

4.4.3. Vehículos que se pueden transformar a GPL

La transformación a GPL se hace preferiblemente en vehículos a gasolina. Se puede llevar a cabo también en vehículos a gasóleo, pero el elevado coste de transformación hace que esta opción sea antieconómica para vehículos

ligeros. En cambio existen casos de autobuses y furgones a gasóleo convertidos a gas.

La gran ventaja de este sistema es que se puede instalar tanto en vehículos de nueva adquisición como en vehículos antiguos, siendo posible así la adaptación de los vehículos en circulación sin necesidad de grandes inversiones.

Actualmente en España se puede convertir cualquier vehículo a gasolina anterior a Octubre del 2004, por medio de un proyecto de homologación específica. Mientras que para vehículos posteriores a dicha fecha, las conversiones autorizadas según la normativa R-115, se pueden hacer en 187 modelos. El número de modelos se ampliará a medida que los fabricantes de equipos de GPL vayan obteniendo la homologación R-115 para las distintas familias de vehículos.

4.4.4. Dónde transformar el vehículo

La conversión de un vehículo a GPL se hace en centros especializados. En España se cuenta con 104 centros especializados distribuidos por todo el país donde se realiza la conversión a GPL. Existen listas de estos talleres, donde se especifica el nombre, el teléfono de contacto y la ubicación exacta.

4.4.5. Componentes del equipo de GPL

En primer lugar decir que los equipos necesarios para la utilización de GPL como carburante son diferentes si se trata de vehículos ligeros o vehículos pesados, también variarán ligeramente si están alimentados con gasolina o diesel. Cada casa comercial de vehículos tiene asignado un equipo de GPL distinto en función del tipo de motor, del vehículo en el que se quiera instalar y de las prestaciones que se quieran obtener.

En este apartado se describirán las partes más generales de un equipo de GPL para los turismos alimentados con gasolina, ya que es en ellos donde resulta más común su instalación.

Se muestran en la siguiente figura todos los componentes de un equipo de alimentación a GPL de inyección electrónica secuencial para motores de 3, 4, 5, 6, y 8 cilindros.



Figura I.1: Componentes del equipo de GPL de inyección electrónica secuencial para motores de 3, 4, 5, 6, y 8 cilindros.

Un equipo de GPL completo se compone de: dispositivo de llenado, depósito, electroválvula de corte, reductor, inyectores, centralita, sensor de presión, conmutador, tuberías y accesorios de montaje.

A continuación se describirá cada uno de ellos.

- ▶ Dispositivo de llenado: boca de alimentación para el GPL, situada normalmente junto a la boca de alimentación para la gasolina. Es el lugar por el cual se alimenta el vehículo desde el surtidor de la estación de servicio.
- ▶ Depósito: Los depósitos usados actualmente tienen forma cilíndrica o toroidal. El primero se coloca en el maletero, fijado a los respaldos de los asientos traseros del automóvil, mientras que el segundo, gracias a su particular forma, se coloca en el lugar de la rueda de repuesto. En este caso se evita la pérdida del espacio disponible del maletero, mientras que la rueda de repuesto puede ser sustituida por un “*Spare Wheel kit*” o introducida en el maletero como un equipaje más.

Se muestra en la siguiente figura una representación de la forma y el lugar de instalación de cada uno de los tipos de depósitos en el vehículo.



Figura I.2: Instalación de depósito cilíndrico y toroidal en el vehículo.

En los depósitos se incorpora una válvula de llenado interior (con parada al 80%) y una válvula de llenado exterior. También serán instaladas en el depósito: una válvula de seguridad (que bloquea la salida del gas en caso de accidente), un indicador de nivel y una válvula de servicio eléctrica con válvula de exceso de flujo.

- ▶ Válvula electromagnética de GLP: conectada a la tubería que suministra el GPL líquido y al reductor de presión. Regula la cantidad de GPL líquido alimentado al reductor en función de las condiciones de funcionamiento del motor.
- ▶ Reductor de presión: Situado en el motor, es el lugar donde el GPL pasa de estado líquido a estado gaseoso.
- ▶ Bloque de inyectores: Situado en el motor; son los elementos a partir de los que se inyecta el combustible en la cantidad necesaria para producir la mezcla aire-GPL, para su posterior combustión.
- ▶ Centralita gas inyectado: situado en la zona superior del motor, recibe datos del sensor de presión MAP, de la temperatura del gas, de las revoluciones del motor y del tiempo de inyección en gasolina; con ellos dosifica la cantidad de gas que necesita el motor en cada momento.
- ▶ Conmutador: ubicado en el salpicadero, sirve para cambiar de gasolina a GPL automática o manualmente con solo pulsar un interruptor. También indica la cantidad de combustible que hay en el depósito.
- ▶ Sensor: indica como es la mezcla en el colector de escape y así puede hacerse la regulación en el evaporador.
- ▶ Tuberías y accesorios montaje: hacen posible la unión de los distintos elementos de la instalación.

En la siguiente figura pueden verse donde van situados los principales elementos de la instalación del equipo de GPL apenas descritos.

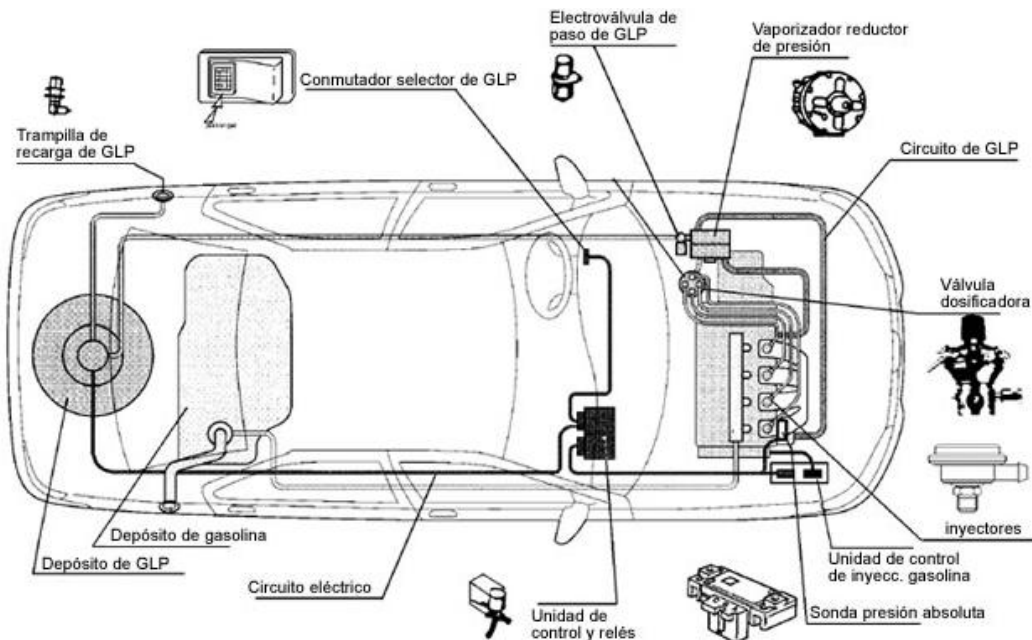


Figura I.3: Ubicación de los principales elementos del equipo para GPL.

Como se ve en la figura, los elementos que se instalan en la parte delantera del vehículo sirven para procesar el gas y permitir su integración al motor; mientras que el tanque que va en la parte trasera se usa para almacenamiento de combustible.

4.4.6. Funcionamiento

4.4.6.1. Funcionamiento general

Una vez que el motor esté en marcha y el conmutador en posición de GPL, el recorrido que hace el combustible en el vehículo es el siguiente:

El GPL líquido va del depósito al reductor, donde pasa a estado gaseoso debido al intercambio de calor producido con el agua de refrigeración del automóvil y a las sucesivas etapas de reducción de presión. De ahí, el GPL gaseoso pasa a los inyectores, donde se distribuye y se mezcla con una determinada cantidad de aire (mezcla estequiométrica). Por último se produce la combustión y comienza el movimiento del motor.

Este recorrido del GPL dentro del vehículo puede verse representado en la siguiente secuencia de figuras.

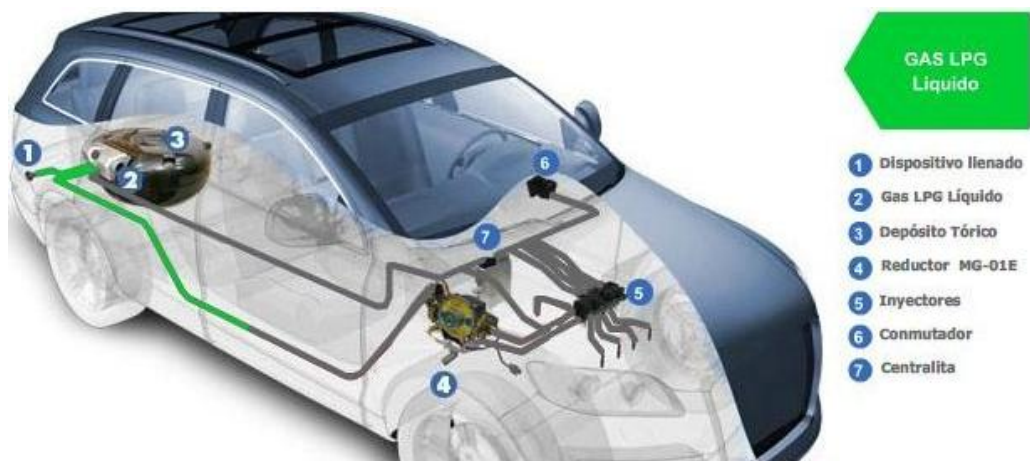


Figura I.4: Recorrido del GPL líquido del depósito al reductor.



Figura I.5: Paso de GPL líquido a gaseoso en el reductor, debido al intercambio de calor con el agua de refrigeración y a las sucesivas etapas de reducción de presión.

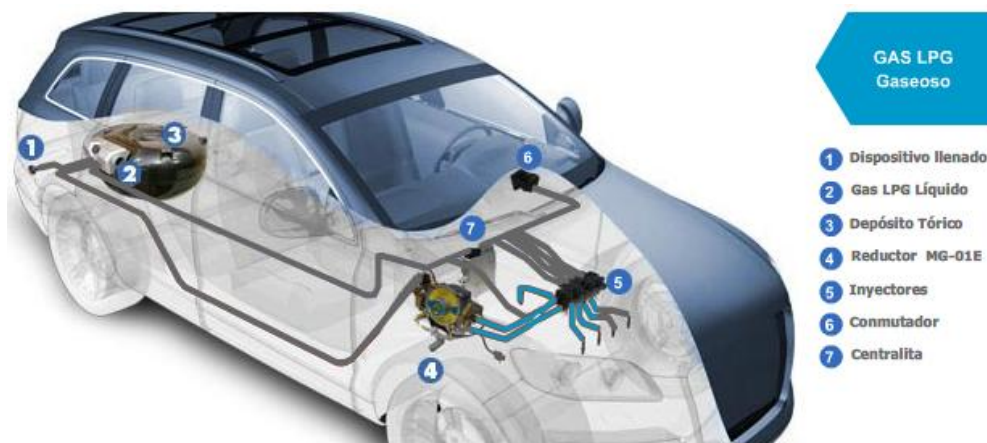


Figura I.6: Paso del GPL gaseoso del reductor a los inyectores, donde se distribuye y se mezcla con una determinada cantidad de aire.

4.4.6.2. Funcionamiento interno

El combustible almacenado en el depósito (provisto de un tubo buzo que llega al fondo del mismo) es conducido en fase líquida por unas tuberías de cobre recocido a un filtro, donde se limpia el combustible de las posibles impurezas. De ahí pasa al reductor de presión-gasificador, que es un doble reductor.

Este dispositivo dispone en su interior de una serie de cámaras en las que se realizan distintas funciones que permiten regular, vaporizar y dosificar el GPL que es aspirado por el motor del vehículo.

A la entrada del reductor-gasificador va instalada una válvula electromagnética de corte de GPL, conectada a un conmutador situado en el tablero de mandos, donde se seleccionará que tipo de combustible se quiere usar (permitirá o no el paso del GPL).

El GPL llega a la primera cámara del reductor-gasificador en fase líquida y a una presión entre 3 y 5 kg/ cm² aproximadamente. Una válvula accionada por un flotador cierra el paso de GPL cuando llega a un nivel máximo de combustible de la cámara. En esta primera cámara se reduce la presión a 420 g/cm² y se vaporiza el líquido, transformándose en GPL en fase gaseosa.

La permanente vaporización del líquido se consigue manteniendo caliente el interior de la primera cámara. Para ello se hace circular agua del radiador (caliente) por el interior del aparato. El GPL en estado líquido toma de aquí el calor de vaporización, que es bastante considerable.

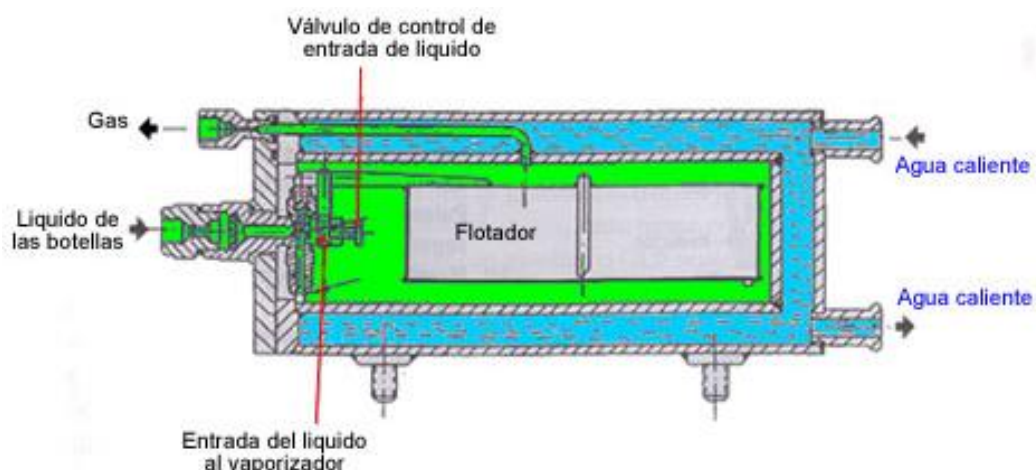


Figura I.7: Estructura interna del reductor gasificador.

Ya en fase gaseosa, el GPL pasa a la segunda cámara. Y de aquí, a través de la unidad de mezcla instalada en el colector de admisión, al motor. Cuando es aspirado por el motor, la presión es inferior a la atmosférica, de forma que si los cilindros no aspiran el gas, este no sale. Al alcanzar el gas una determinada presión en esta cámara por no haber consumo, cesa la vaporización del líquido coexistiendo las dos fases (líquido y gas).

Además, el evaporador-regulador también incorpora un dispositivo electromagnético que permite al motor funcionar al ralentí, cuando el vehículo está parado.

La unidad de mezcla, como su nombre indica, tiene la misión de proporcionar una adecuada mezcla de aire con el gas para obtener una correcta combustión.

El conmutador, como se ha dicho anteriormente, es un dispositivo eléctrico que se incorpora a la instalación para poder efectuar el cambio de combustible a utilizar. Bien sea para pasar de gasolina a GPL, o de GPL a gasolina. El conmutador debe ser fijado al tablero de mandos de tal manera que sea visible y fácilmente manipulable desde el puesto del conductor del vehículo.

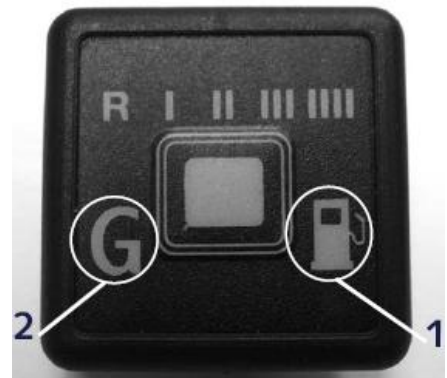


Figura I.8 Conmutador con dos posiciones: 1: Gasolina. 2: GPL.

En los últimos modelos de instalaciones de GPL el paso de gasolina a GPL puede ser también automático, teniendo el selector tres posiciones: gasolina, gas y cambio automático. En motores de inyección, el conmutador es siempre automático, es decir, aunque el conmutador esté en posición de GPL, el arranque lo realiza siempre en gasolina. Se hace el cambio a GPL de forma automática a un número determinado de revoluciones, que se pueden regular por medio de un tornillo de reglaje situado en la parte posterior del conmutador.

El conmutador trabaja por impulsos del encendido, así que si se tiene el contacto puesto y el motor parado la electroválvula de gas estará cerrada.

El selector hace imposible que los dos combustibles puedan alimentar a la vez. Las electroválvulas que dan paso a uno u otro combustible están

cerradas cuando no se activan, de forma que un fallo de corriente deja al vehículo sin alimentación. Para prevenir esto, en la electroválvula de gasolina hay un paso en derivación para puentearlo en caso de avería.

El emulador de inyectores tiene la misión de cortar la corriente a los inyectores y mandar una señal emulada a la centralita de gasolina.

El *oxigen sensor simulador* nos informa de como es la mezcla en el colector de escape y así se podrá hacer la regulación en el evaporador.

4.4.7. Seguridad en el vehículo

Para comenzar, decir que aunque los vehículos a GPL no estén aún muy presentes en España, en otros países como Italia, Alemania, Inglaterra, etc. llevan años usándose, fabricándose, realizando mejoras en sus motores, sometiéndose a los vehículos a numerosas pruebas y diversos estudios de seguridad. Además existe un reglamento, el ECE/ONU 67/01 donde se establecen los requisitos esenciales para la seguridad del sistema GPL.

Un estudio de la “*Agencia Holandesa para la Energía y el Medio Ambiente*” demuestra que la seguridad de los vehículos a GPL no es inferior a la de los alimentados con gasolina.

La instalación de un sistema de GPL en el vehículo, al contrario de lo que se suele pensar, no añade peligro al vehículo.

En primer lugar, todos los componentes que se instalan deben estar homologados y marcados con su número de homologación, lo que garantiza la calidad de todos sus componentes.

En segundo lugar, los sistemas de alimentación de GPL están dotados de componente de seguridad activa, cuya actuación se produce solo en caso de necesidad, al igual que el airbag o el ABS, lo que hace que aumente la seguridad en el vehículo.

En tercer lugar, el depósito de almacenamiento suele verse como una de las partes más peligrosas de la instalación de GPL y en cambio es una de las más seguras. Basta con pensar que la presión desarrollada por el GPL en el interior del depósito oscila entre 3 y 10 bar, mientras que los depósitos están diseñados para soportar una presión de 30 bar. Además, en la fase de homologación los depósitos se someten a un test de presión hidráulica,

donde no se permiten cedimentos estructurales antes de llegar a los 67,5 bar. Los materiales con los que se construyen los depósitos son específicos para tal fin y cada vez más innovadores.

Por último mencionar el Reglamento ECE/ONU 67/01, que ha sido elaborado por un Grupo de Trabajo de las Naciones Unidas y ha adoptado por los países de la ECE/ONU. En este reglamento se han establecido a nivel internacional los requisitos de homologación de los componentes individuales de los sistemas de alimentación a GPL, introduciendo además nuevos dispositivos muy importantes para la seguridad del automóvil. Se garantiza de este modo la máxima seguridad del equipo de GPL hasta en condiciones extremas: verse implicado en un accidente o incendio, aparcar en garajes enterrados, exposición a excesivo sobrecalentamiento o radiación, etc. Se obtienen como resultado unas condiciones de seguridad como mínimo iguales a las de un automóvil alimentado a gasolina o gasoil.

4.4.8. Manutención

El sistema GPL instalado en un vehículo a gasolina necesita muy poco mantenimiento. La calidad de los materiales, así como la estabilidad de las regulaciones efectuadas, hace que el equipo instalado tenga una duración que normalmente sobrepasa la vida útil del vehículo en el que se instale.

No obstante, debido a las impurezas que contiene el GPL y a la mezcla con otros hidrocarburos autorizados, puede producirse el envejecimiento prematuro de algunas piezas, por lo que es necesario realizar cierto tipo de mantenimiento. En la tabla I.7 se indican las operaciones a realizar y su periodicidad:

Tabla I.7:
Mantenimiento del sistema GPL.

Designación	Periodicidad
Filtro de la Electroválvula de GPL.	50.000 km
Válvula del Bloque de electroválvulas.	100.000 km
Membrana del Reductor-Evaporador.	150.000 km
Válvula de la electroválvula de GPL.	200.000 km
Juntas tóricas.	Cada vez que se desmonten.
Juntas planas.	
Retimbrado del depósito.	Cada 10 años

Además de estas revisiones, se deben hacer aquellas que aconseje el taller instalador y el fabricante del equipo de GPL (normalmente suelen ser las mismas).

La sustitución de cualquiera de los elementos del sistema GPL debe ser registrada en la documentación del vehículo.

4.4.9. Garantía

En cuanto a la garantía del vehículo, si éste se ha comprado ya preparado para el uso de GPL, será el fabricante del vehículo el responsable de posibles fallos del sistema de GPL y del motor.

Si por el contrario la transformación del vehículo a GPL se ha hecho después, no se interrumpe la garantía del fabricante. De eventuales daños o anomalías causadas al motor por la equivocada o defectuosa instalación o defectuosidad de los componentes del sistema de gas, responderían la oficina o el concesionario que ha montado la instalación y el constructor de la propia instalación.

4.4.10. Vehículos a GPL en el mercado

Desde hace algunos años en países como Italia, Francia o Inglaterra, las empresas automovilísticas se han interesado en la alimentación a GPL y son cada vez más numerosas las casas comerciales que ofertan vehículos ya dotados de la instalación GPL.

Se trata por lo general de modelos de gasolina sobre los cuales las casas automovilísticas o las redes de venta, instalan el equipo de GPL al vehículo nuevo. Siempre que se haga antes del momento de la matriculación, la garantía del fabricante cubre también la alimentación de GPL.

En el sector de turismos y furgones, a día de hoy, existen 18 fabricantes de vehículos comercializan 54 modelos a GPL en Europa.

En España las casas automovilísticas que comercializan modelos de turismos y furgones alimentados a GPL son principalmente: Citroën, Volkswagen, Skoda, Seat, Mercedes Benz, Opel, Renault y Piaggio. Son muchos y muy variados los modelos que ofertan cada uno de estas marcas.

7.4.11. Coste de la instalación

El coste de la conversión a GPL varía en función del tipo de automóvil, del sistema de alimentación que sea necesario instalarle y del tipo de depósito. El precio del equipo y de su instalación podrá variar desde 800 hasta 2.000 €.

Se muestran en la siguiente tabla los precios máximos de las partes del sistema de GPL que podrán ser aplicados por los instaladores de los equipos.

Tabla I.8:
Precios máximos al público (IVA incluido) para la conversión a GPL (2008)*.

Tipo de equipo	Importe (€)
Equipo para automóviles con carburador a inyección	800
Equipo con control de la carburación	1.200
Equipo a inyección gaseosa	1.650
Equipo a inyección secuencial	1.800
Depósito toroidal, especial, y de alta capacidad	100
Indicador de nivel	50
Revisión y gestión administrativa	130

*La diferencia de los precios se deben a la diversidad tecnológica de los equipos y a los diversos tiempos de instalación que necesitan. Para automóviles superiores a 4 cilindros, vehículos turbo o con preparación especial el precio será acordado con el instalador. Datos facilitados por el Consorcio Ecogas.

En los distintos países de la Unión Europea se ofrecen ayudas o subvenciones para la instalación del equipo de GPL y para la compra de un automóvil con el sistema GPL ya instalado. Se ampliará este tema en el apartado 9.2 de “Incentivos y subvenciones”.

7.4.12. Coste del combustible y consumo

El GPL al igual que la gasolina o el gasóleo se suministra en litros. Un litro de GPL cuesta aproximadamente la mitad que un litro de gasolina o gasóleo.

Pueden verse en la siguiente figura el precio del GPL, de la gasolina y del gasoil en los distintos países de Europa.

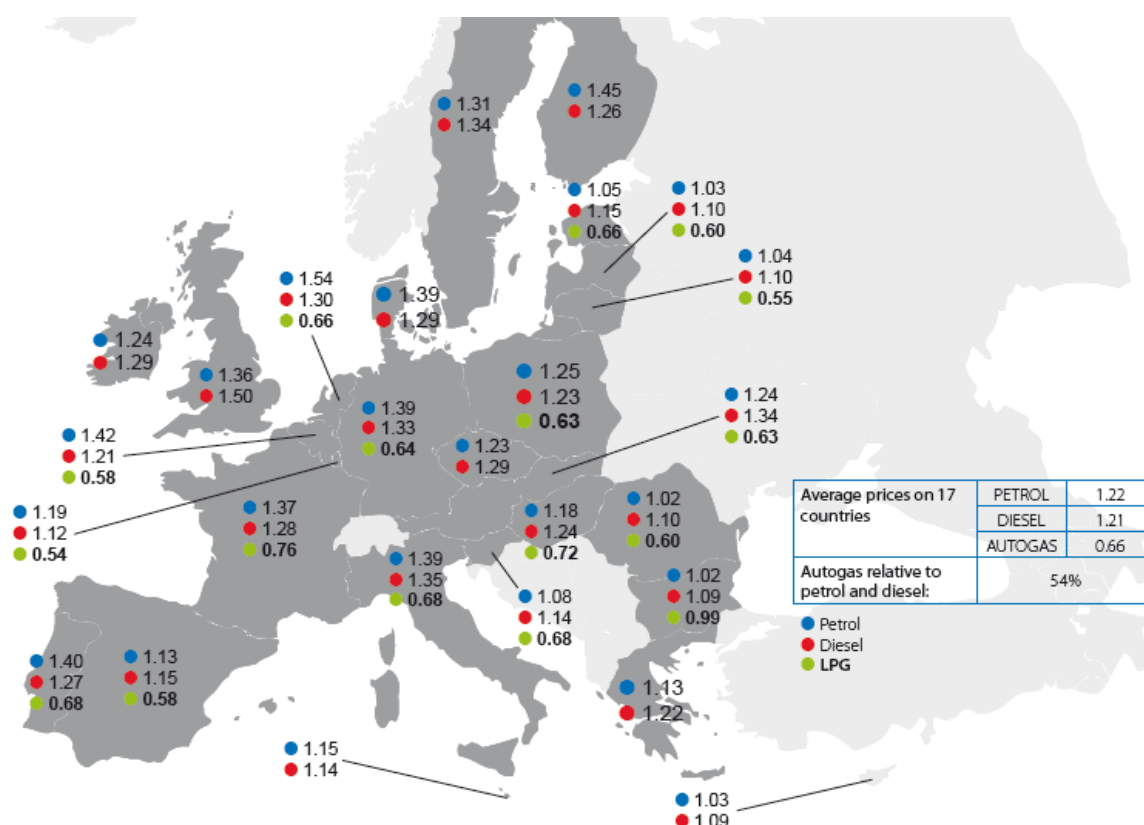


Figura I.9: Precio de los combustibles en los distintos países de Europa. Datos tomados del Oil bulletin, DG TREN, European Commission.

Aunque el coste del combustible sea la mitad, un vehículo a GPL consume más que su homólogo a gasolina o gasoil (normalmente un 15% más). Con un litro de GPL se recorre el 85% del recorrido hecho por el mismo automóvil alimentado con un litro de gasolina. O lo que es lo mismo, si un auto con 1 litro de gasolina recorre 10 km, con un litro de GPL recorrerá 8,5 km. Es aquí donde entra en juego el reducido coste de este combustible: a pesar de que el consumo de GPL sea mayor, al ser el coste tan bajo, se ahorra frente al uso de los combustibles tradicionales.

Se muestra a continuación una comparativa del coste y el ahorro que se produce a igual número de kilómetros recorridos con diferentes combustibles (gasolina, gasoil y GPL) en un mismo automóvil (el equivalente para cada tipo de combustible), el Fiat Grande Punto.

Tabla I.9:
Coste y ahorro generado al usar distintos combustibles en un mismo vehículo*.

Combustible	Precio €/l	Consumo l/100 km	100 km		1.000 km		20.000 km	
			Coste	Ahorro GPL	Coste	Ahorro GPL	Coste	Ahorro GPL
Gasolina	1,19	6,6	7,85	3,75	78,54	37,5	1.570,8	750
Gasoil	1,02	5,6	5,71	1,61	57,12	16,1	1.142,4	322
GPL	0,54	7,6	4,10	-	41,04	-	820,8	-

*El vehículo con el que se ha realizado el estudio es un *Fiat Grande Punto 1.4 T JET 16 V Dinamic*, con un consumo de 6.6 L de gasolina en 100 km; para el GPL se considera el mismo vehículo con un consumo de un 15 % más (valor medio proporcionado por los constructores de los equipos de GPL), un 7.6l. Para el diesel se toma la versión equivalente, el *Fiat Grande Punto 1.9 MJT 120 Emotion*, con un consumo de 5.6 cada 100 km. Datos facilitados por el Consorcio Ecogas.

Como puede verse en la tabla un vehículo a GPL ahorra entre 16 y 37,5 € por cada 1.000 km y entre 322 y 750 € por cada 20.000 km recorridos.

En resumen, considerando los precios medios de los carburantes relevados en los últimos meses, se puede decir que usando un vehículo a GPL se ahorra aproximadamente el 48 % con respecto a su homólogo a gasolina y el 28 % si se habla del análogo alimentado a gasoil.

4.5. Ventajas e inconvenientes

4.5.1. Ventajas

4.5.1.1. Conveniencia mecánica

- ▶ Posibilidad de instalar un equipo GPL tanto en vehículos nuevos como en vehículos que ya estén en circulación, lo que implica que no habría que desechar los vehículos antiguos y lo que facilitaría su aceptación tanto social como económica.
- ▶ Vehículo bi-fuel: Posibilidad de uso de dos combustibles, en función de las distintas circunstancias y necesidades.
- ▶ Obtención de una doble autonomía, pues se tienen dos depósitos (gasolina y GPL).
- ▶ La mezcla homogénea, controlada y bien distribuida en los cilindros con el aire comburente, facilita una combustión más limpia y completa.

- ▶ Mayor duración del motor por un menor desgaste del mismo, ya que la combustión de GPL no deja residuos.
- ▶ Un mantenimiento más económico debido a un menor número de averías y a unos periodos de cambios de aceite más largos por la ausencia de depósitos carbonosos que ensucian el aceite lubricante.
- ▶ Mayor potencia y mayor par motor a carga parcial (arranques y paradas de los vehículos) que es el régimen de funcionamiento de los vehículos en el entorno urbano.
- ▶ Conducción suave, silenciosa y sin vibraciones.
- ▶ Buenas aceleraciones, motor más elástico, no hay picado ni autoencendido.
- ▶ Obtención de una seguridad en el vehículo igual o mayor que si fuese alimentado con gasoil o gasolina, debido a la robustez del depósito y al gran número de pruebas a las que ha sido sometido el sistema GPL.
- ▶ Estación de servicio para el repostaje de vehículos con configuración y elementos muy similares a los de una estación de suministro normal. Esto implica que la instalación del equipo necesario para el suministro de GPL a vehículos se puede hacer fácilmente tanto en las estaciones de servicio ya existentes como en otras de nueva construcción.
- ▶ Repostaje rápido y sencillo.
- ▶ Fácil almacenamiento, transporte y distribución del combustible, ya que se trabaja con él en fase líquida y a una presión relativamente baja.

4.5.1.2. Conveniencia económica

Aunque se parte de la base de que la instalación o transformación del vehículo a GPL implica una inversión, este gasto se amortizaría rápidamente por las siguientes razones:

- ▶ Menor coste del litro de GPL frente al del combustible habitual (gasoil o gasolina). Lo que implica un ahorro para un mismo número de kilómetros recorridos (a pesar de que el vehículo equivalente a GPL

consume más). Este ahorro es del 48 % con respecto a la gasolina y del 28 % con respecto al gasoil.

- ▶ Menor variabilidad del precio del combustible en el mercado: a diferencia de la gasolina (su precio varía continuamente), el precio del GPL se ha mantenido casi constante en los últimos años.
- ▶ Ahorro por la mayor duración del vehículo (sufrir un menor desgaste).
- ▶ Menor gasto en mantenimiento: menor número de averías y periodos de cambios de aceite más largos.
- ▶ Posible adhesión a ayudas o subvenciones ofertadas por la administración pública.

4.5.1.3. Conveniencia medioambiental

- ▶ Exento completamente de benceno e hidrocarburos policíclicos aromáticos, que son compuestos notoriamente cancerígenos.
- ▶ Casi totalmente exento de azufre y plomo.
- ▶ No requieren el uso de aditivos para la “no detonación” debido a sus características; estos compuestos suelen ser muy contaminantes.
- ▶ Reducción de las emisiones de CO₂, tanto en las emisiones de escape como teniendo en cuenta el ciclo de vida global del GPL.

Las emisiones de escape en comparación con el mismo automóvil a gasolina se reducen un 10%. Con respecto al análogo a gasoil, no se produce una reducción notable.

Si se tiene en cuenta el ciclo de vida completo del GPL, gracias a un proceso productivo de menor intensidad energética, los beneficios ecológicos de este combustible aumentan: Se produce una reducción del 14% con respecto a los vehículos alimentados con gasolina y de un 10 % con respecto a los alimentados a gasóleo.

- ▶ Notable reducción de las emisiones de PM y NO_x, que son compuestos que empeoran la calidad del aire en los centros urbanos. Con respecto a un vehículo a gasóleo la reducción de PM es del 99 %, mientras que la de NO_x es del 96 %.

Esta es la razón por la que los vehículos alimentados con GPL están exentos de los bloqueos o limitaciones de tráfico en el centro de las grandes ciudades, que cada vez son más restrictivos.

- ▶ Los niveles de ruido perceptible se ven reducidos hasta un 50 %.
- ▶ Reduce los olores y humos de aceleración.
- ▶ La eventual fuga de gas, además de detectarse con facilidad debido al componente odorante que lleva para ser detectado, no produce charcos, ya que se evapora rápidamente, por lo que no contamina suelos ni acuíferos.
- ▶ Vehículos preparados para la entrada en vigor de la futura normativa:

Al igual que la entrada en vigor de la Norma EURO 5, cada vez la normativa relativa a las emisiones de los vehículos será más restrictiva con respecto a los contaminantes ya conocidos, e incluirá nuevas sustancias anteriormente no reguladas. Por esta razón se deben ir reduciendo cuanto antes las emisiones; de este modo se estará preparado para el cumplimiento tanto de la actual EURO 5 como de las futuras normativas (EURO 6) sin necesidad de realizar grandes modificaciones en los vehículos actuales.

Se muestran a continuación los puntos más importantes en los que se ha incidido en el paso de la EURO 4 a la EURO 5 (entrada en vigor el 1 de Septiembre de 2009).

- Reducción en las emisiones de partículas y de los NO_x. Las emisiones de los vehículos a GPL son muy bajas en comparación con la de los alimentados con gasolina y gasóleo.
- Se incluirá el control de las emisiones a bajas temperaturas, con objeto de controlar los arranques de los vehículos, periodo en el que se emiten grandes proporciones de contaminantes. En este apartado el GLP presenta importantes ventajas en comparación con la gasolina y gasóleo debido a su rápida vaporización a bajas temperaturas, ya que mantiene condiciones idóneas desde el punto de vista medioambiental también en el arranque (relación estequiométrica aire-carburante).

- Importantes reducciones en las emisiones de escape de sustancias contaminantes no reguladas en la actualidad.

Para la futura entrada en vigor de la EURO 6, prevista para el 1 de Septiembre de 2014, se reducirán sobretodo las emisiones en los vehículos a gasóleo, siendo aún más restrictivas.

4.5.2. Inconvenientes

- ▶ Mayor consumo: al tener una energía menor que la de la gasolina, se produce un aumento del consumo entorno al 10 %. De todos modos, su reducido coste hace que siga siendo mucho más económico su uso frente al de la gasolina o el gasoil.
- ▶ Puntos de ventas escasos y mejorables.
- ▶ Menor soporte de asistencia técnica.
- ▶ Procedimiento administrativo adicional para la circulación de vehículos a GPL.
- ▶ Pérdida de capacidad del maletero (solo en casos de depósito cilíndricos).
- ▶ Aparcamiento en subterráneos: Anteriormente estaba prohibido aparcar en subterráneos con automóviles convertidos a GPL, pero en la actualidad, debido a las nuevas tecnologías y normativas aplicadas en este sector, muchos países han eliminado esta prohibición. Esto se debe a que se ha reconocido la fiabilidad de los equipos de gas en términos de seguridad, demostrándose la equivalencia entre un vehículo a GPL y uno análogo a gasolina en cualquier condición. Aún así en algunos países aún sigue vigente esta prohibición.

5. DISTRIBUCIÓN

5.1. Cisternas de transporte

Las cisternas de transporte son grandes recipientes que se instalan en camiones o remolques para transportar líquidos, gases o sólidos a granel. Estos camiones transcurren normalmente por autopistas y deben cumplir una serie de condiciones:

- ▶ Satisfacer los requisitos de diseño y construcción, hacer un correcto uso y mantenimiento de los mismos y cumplir las normas de tráfico.
- ▶ Los conductores deben conocer el tipo de sustancia que transportan y sus riesgos, así como las medidas de prevención y actuación en caso emergencia (derrames, incendios o accidentes).
- ▶ En caso de detectar una fuga se debe parar el camión en la carretera y repararlo, o bien proceder al trasvase del contenido. No se reiniciará la marcha hasta reparar por completo la avería.
- ▶ En caso de fuego, se debe trasladar el camión a una zona segura.

Las cisternas para el transporte de GPL se clasifican dentro de las cisternas cilíndricas para gases y están incluidas en las normas que regulan los recipientes a presión. Sus características principales son las siguientes:

- ▶ No están calorifugadas ni compartimentadas.
- ▶ El depósito de la cisterna es de acero al carbono, con paredes gruesas (10, 12 mm) para soportar presiones elevadas (la presión de servicio puede llegar a 20 kg/cm²).
- ▶ Son muy lisas,



Figura I.10: Camión cisterna para transporte de GPL.

suelen llevar un parasol encima del depósito y normalmente no tienen escalera para el acceso a la zona superior de la cisterna.

- ▶ La presión del gas se vigila mediante un manómetro que está instalado en la cabina de conducción.
- ▶ No llevan válvula de sobrepresión (cisterna estanca).
- ▶ Suelen llevar en un lateral una galga rotativa que sirve para comprobar el nivel de llenado.
- ▶ Las válvulas de carga y descarga están en la parte baja de la cisterna (válvula de fondo y corte) y son de accionamiento neumático o manual.
- ▶ Disponen de mangueras de hasta 10 metros y de válvulas de seguridad automáticas.
- ▶ Las cisternas fabricadas en los últimos años están dotadas de un armario trasero donde se alojan los elementos necesarios para la operación de trasvase: el compresor, las bombas de trasvase y uno o dos carretes con manguera.



Figura I.11: Armario trasero de la cisterna con los equipo de trasvase.

Además de los distintos dispositivos de medida del nivel, caudal, presión y temperatura.

- ▶ A ambos lados, y en toda la línea media de la cisterna, el camión lleva una banda fija indicando el gas que transporta y la palabra "inflamable" en letras negras.

Debe atenderse especialmente a los riesgos en el proceso de llenado y vaciado de la cisterna (parada del motor en la plataforma, puesta a tierra del camión, conexión correcta de las mangueras, apertura de válvulas, etc.).

Esta operación se describirá detalladamente en el capítulo 4. "Protocolo de funcionamiento".

5.2. ESTACIONES DE SERVICIO DE GPL

5.2.1. En España

En el siguiente mapa se pueden ver dónde están ubicadas las estaciones de servicio de GPL de acceso público que existen actualmente en España, que son 41; aunque hay varios proyectos en marcha para aumentar este número. La mayoría de estas estaciones de servicio son de Repsol, aunque existen algunas de otras compañías (BP).



Figura I.12: Estaciones de servicio GPL en España (Actualizado Enero 2010).

5.2.2. En Europa

Existen aproximadamente 33.000 estaciones de servicios distribuidas en los distintos países Europeos. En los países donde hay más estaciones de servicio de acceso público son: Francia, Italia, Bélgica Alemania, Polonia, Bulgaria, Inglaterra y Holanda. Pueden verse en la siguiente figura el número de estaciones de servicio de GPL de cada país.

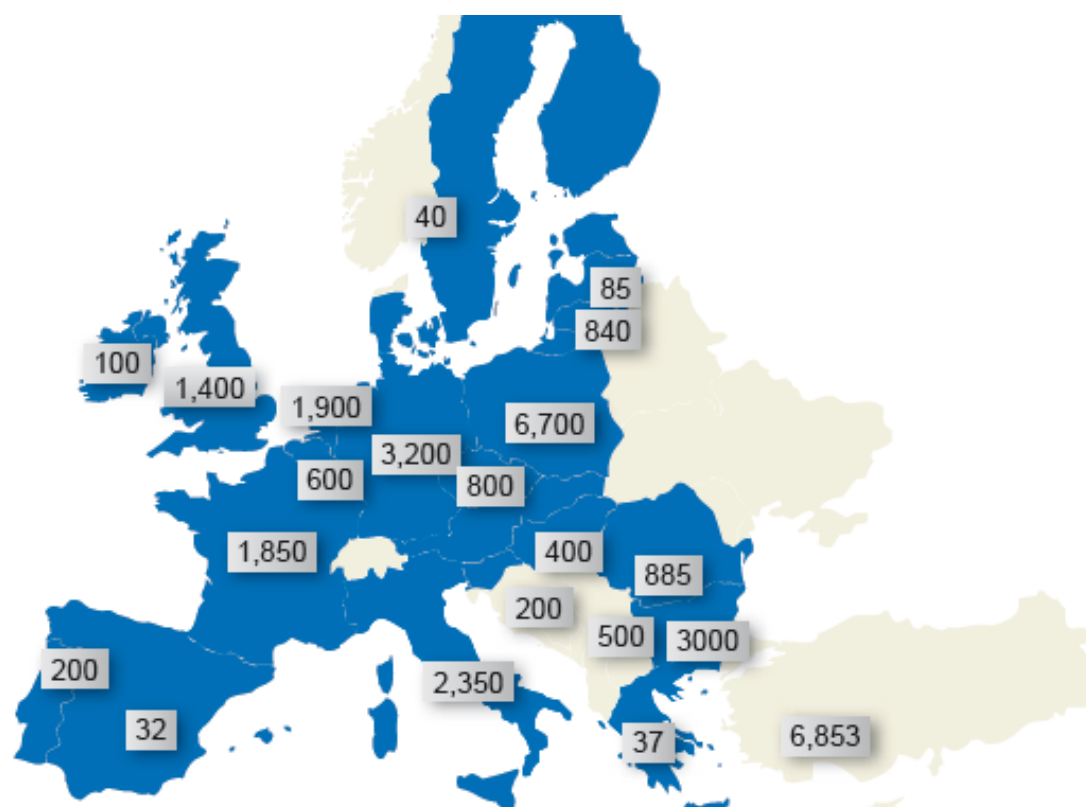


Figura I.13: Estaciones de servicio de GPL en Europa en 2007.

6. SITUACIÓN ACTUAL DEL GPL

6.1. Mercado y uso de GPL automoción

6.1.1. GPL en el mundo

El GPL es el carburante alternativo más utilizado en el mundo porque es el único, a día de hoy, con posibilidad real de implantación efectiva e inmediata. Además se usa desde hace años en muchos países de América, Suramérica y de la Unión Europea.

El mercado del GPL en el mundo se desarrolla en los años 70 por razones fundamentalmente económicas, ambientales y de diversificación energética. Desde entonces el mercado ha crecido hasta alcanzar las cifras que confirman al GPL como el combustible alternativo de gasolinas y gasóleos más desarrollado tanto tecnológica como comercialmente y más implantado en el mundo. Vemos a continuación los datos referentes al Mercado Mundial y Europeo del GPL.

Tabla I.10:
Mercado Mundial y Europeo de GPL automoción (2007).

Datos	Venta (Tonelada)	Nº Vehículos	Puntos de venta
Mundiales	20 millones	13,3 millones	Más de 51.000
Europeos	6,6 millones	7 millones	Más de 33.000

La gran preocupación de las administraciones estatales y municipales de los países más desarrollados por las mejoras medioambientales, ha incentivado a los principales fabricantes de vehículos, tanto ligeros como pesados, a apostar por el lanzamiento y desarrollo de motores a GLP. Destacan las marcas: MAN, DAF, Fiat, Iveco, Volvo, Ford, Renault, Citroën, Peugeot, Toyota, Nissan, Mazda.

Esta preocupación ha hecho que aumente considerablemente en los últimos años el número de vehículos en circulación y como consecuencia el número de estaciones de servicio de GPL.

Se muestra a continuación una tabla dónde se reflejan los datos referentes al número de vehículos y de puntos de suministro de GPL de los diez países que fueron líderes durante el 2007.

Tabla I.11:
Estadística de los 10 países líderes en GPL Automoción en 2007*.

País	Nº de vehículos	Nº puntos de suministro
Corea de Sur	2.187.066	1.533
Polonia	2.050.000	6.700
Turquía	2.000.000	6.853
Italia	1.002.118	2.350
Australia	620.000	3.200
Rusia	600.000	2.00
México	550.000	2.500
India	500.000	550
Japón	292.300	1.900
Holanda	270.000	1.900

*Datos suministrados por World LP Gas Association.

Las previsiones para la futura utilización del GLP en automoción muestran un importante crecimiento, basado fundamentalmente en sus ventajas económicas y medioambientales.

6.1.2. GLP en Europa

En Europa existen unos 7 millones de vehículos que funcionan con GPL, que consumen 6,6 millones de toneladas, que se suministran a través de más de 53.000 puntos de venta, distribuidos en los distintos países Europeos. Se muestran en la figura I.13 el número de estaciones de servicio de cada uno de los países europeos en el 2007.

Este combustible se usa principalmente en: Turquía, Polonia, República Checa, Italia, Alemania, Holanda, Bulgaria, Lituania, Rumania, Gran Bretaña y Francia. También está presente, aunque menos desarrollado en otros países como: Grecia, España, Portugal e Irlanda. Se pueden ver en la siguiente tabla los datos relativos al número de vehículos alimentados con GPL en los distintos países.

Tabla I.12:
Nº de vehículos circulando con GPL en Europa (2008)*.

País	Nº Vehículos
Turquía	2.240.000
Polonia	2.080.000
Italia	1.102.118
Alemania	306.402
Holanda	240.000
Bulgaria	220.000
Lituania	212.000
República Checa	2.000.000
Rumanía	185.000
Gran Bretaña	150.000
Francia	140.000

*Datos suministrados por AEGPL.

Para los datos referentes al número de Estaciones de Servicio en los distintos países europeos ver el apartado 5.2.2.

Además de su uso en turismos, el GPL es el carburante de más de 1.500 autobuses urbanos utilizados en 25 ciudades europeas. Pueden verse algunas de estas ciudades en la siguiente tabla.

Tabla I.13:
Ciudades europeas con flotas de autobuses urbanos a GPL.

País	Ciudades
Austria	Viena
Bélgica	Charleroi
Dinamarca	Copenhague, Odense
España	Valladolid, Valencia, Vigo
Francia	París, Montpellier
Italia	Ravena, Vicenza, Latina
Holanda	Amsterdam, Eindhoven, Groningen, Utrecht, etc.
Portugal	Oporto
Noruega	Oslo, Drammen
República Checa	Most, Litvinov

Su uso en flotas (de autobuses, vehículos comerciales, carretillas elevadoras y “kars”) es muy interesante, ya que las empresas distribuidoras ofrecen una instalación de almacenamiento y suministro de uso exclusivo. En estas instalaciones el gas es suministrado a granel, a un precio inferior al existente en las Estaciones de Servicio comunes.

6.1.3. GPL en España

El origen del mercado español del GPL automoción se remonta a los años sesenta, cuando comienza la utilización de este carburante, suministrado a través de botellas de 12 kg, para su utilización exclusivamente en vehículos auto taxis. Este mercado se desarrolló de manera importante durante la década de los setenta e inicios de los ochenta, principalmente por las importantes ventajas técnicas y económicas que ofrecía frente a las versiones diesel de los motores de aquellos tiempos, hasta superar en los mejores años las 100.000 toneladas/año. Más tarde se prohibió su uso debido al peligro que suponía llevar una bombona de GPL en el vehículo. Ahora el sistema de instalación es distinto (un depósito anclado en el maletero del automóvil) y mucho más seguro, permitiéndose nuevamente su uso.

Por otro lado, el desarrollo del mercado de GPL como carburante para vehículos pesados se inició en la década de los ochenta, en la que se llevan a cabo con éxito distintas experiencias para transformar motores diesel de autobuses urbanos para su utilización con GPL.

Aunque en España el GPL aún es poco conocido, según Repsol, que comercializa este combustible en este país desde hace 25 años, circulan en la actualidad 5.000 vehículos a gas. Además, existen 50 flotas de autobuses, carretillas y karts a gas se abastecen en instalaciones de uso exclusivo.

Es ahora cuando empiezan a verse los verdaderos indicios del futuro desarrollo e implantación de este combustible en España. Además se espera un fuerte apoyo de las Administraciones Públicas, debido a las ventajas medioambientales que conlleva el uso del GPL.

Como ejemplo del inminente desarrollo e implantación del GPL en España, se tiene el “Congreso mundial del Gas Licuado del Petróleo” que tendrá lugar en Madrid, del 27 septiembre al 1 de octubre de 2010. Será la primera vez que todos representantes y empresarios del sector de GPL a nivel mundial estén reunidos en un mismo lugar.

6.2. Asociaciones de GPL

Para fomentar, desarrollar y mantener informada a la sociedad y a las empresas de las prestaciones y los avances que se producen en el sector del GPL automoción, se han creado asociaciones a nivel nacional y europeo.

6.2.1. En España

La Asociación Española de Operadores de Gases Licuados de Petróleo, AOGPL, crea en Abril de 2003 la “Comisión Autogas”, cuyos objetivos principales son:

- ▶ Diseñar y poner en marcha acciones y propuestas para desarrollar el mercado del GPL en España.
- ▶ Informar y formar al sector automoción de las ventajas del GPL como carburante alternativo.
- ▶ Lograr que las distintas Administraciones (estatal, autonómicas y locales) pongan en marcha ayudas e incentivos que permitan el desarrollo del mercado del “Autogas”, facilitando así a los ciudadanos el acceso a una tecnología limpia y económica.

Decir también que países como Italia, Francia, Inglaterra, etc. Tienen al igual que España sus propias asociaciones a nivel nacional.

6.2.2. En Europa

A nivel europeo existe la AEGPL, “*European LPG Association*”, que tiene como finalidad principal la unificación de los distintos sectores que rodean al GPL automoción, para establecer así un marco común en toda Europa. Sus objetivos principales son:

- ▶ La regularización y unificación de los equipos instalados en los vehículos y de los equipos de las áreas de repostaje.
- ▶ Normas de seguridad tanto en la instalación del equipo del vehículo como en las áreas de servicio.
- ▶ Informar y fomentar la normativa de seguridad, uso, equipos, instalaciones, etc. en este sector a nivel Europeo.

- ▶ Ayudar y promover el cumplimiento de la normativa ambiental, cada vez es más restrictiva.
- ▶ Búsqueda de ayudas y subvenciones que impulsen su desarrollo a nivel europeo.

6.3. COMERCIALIZACION DE GPL EN ESPAÑA

Las principales empresas que comercializan GPL en España son Repsol YPF, BP y CEPSA; a continuación se ve la importancia de cada una de ellas:

6.3.1. Repsol YPF

Repsol YPF es una de 3 empresas más importantes en el sector de los gases licuados del petróleo a nivel mundial, con actividades en 10 países: España, Francia, Portugal, Argentina, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Brasil y Marruecos. De los cuales es líder en 5 de ellos: España, Argentina, Ecuador, Perú, Chile, y tercera Portugal. Además, es la primera en envasado de GPL y tercera empresa mundial distribuidora en 2007.

En cuanto a su importancia en el sector de la automoción, Repsol es la más importante a nivel nacional, ya que posee la mayoría de las áreas de servicio donde se puede repostar GPL.

6.3.2. BP

Desde el 1996 BP comercializa GLP en España, tanto para uso industrial como para el consumo doméstico y comercial. Con su refinería en Castellón, de la que proviene la mayor parte del GPL que distribuye en España, ofrece continuidad del suministro y entrega en el tiempo acordado.

Su principal distribución a nivel nacional es para el uso en el sector industrial, doméstico, y menor, aunque no menos importante para la automoción, existen algunas áreas de servicio de esta empresa en España.

6.3.3. Cepsa

Aunque esta compañía sea también internacionalmente conocida, su desarrollo en el campo de GPL para automoción es mucho menor que el de Repsol, ya que solo lo distribuye en bombonas para otros usos. También distribuye GPL en camiones cisternas para su almacenamiento en depósitos, pero con otros fines (uso doméstico e industrial).

7.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Como se ha visto anteriormente, las razones para instalar una estación de servicio de GPL en la provincia de Cádiz son muchas, pues el uso de este combustible solo genera ventajas:

- ▶ **Económicas:** La transformación del vehículo y el coste del combustible es mucho menor del de cualquiera de los usados actualmente en el sector de automoción.
- ▶ **Mecánicas:** Las características mecánicas que proporciona a los vehículos son superiores a las proporcionadas por los combustibles convencionales.
- ▶ **Medioambientales:** La contaminación derivada de su uso es mucho menor que la generada por el uso de otros combustibles.
- ▶ **Sociales:** De gran aceptación social debido a la fácil instalación del equipo necesario para su uso (sin necesidad de cambiar de vehículo) y a sus numerosas ventajas en comparación con los combustibles convencionales.

Como punto más importante, hay que decir que el GPL está implantado y desarrollado en otros países desde hace años, por lo que se dispone de datos mecánicos, económicos, ambientales y sociales acerca de la implantación, desarrollo y aceptación de este combustible. Estos datos se pueden tomar como referencia a la hora de implantarlo y como confirmación la viabilidad de este estudio.

Por tanto se puede decir que queda justificada la conveniencia, viabilidad (tanto económica como técnica) y necesidad del uso de este combustible en España, y con ello la realización de este proyecto.

En la elaboración de este proyecto se prestará especial atención a la normativa (nacional e internacional) y a las medidas de seguridad (tanto en el diseño como en la construcción de las instalaciones). Esto se debe a que se quiere introducir el uso de GPL automoción de una forma segura y eficaz, sin que exista ninguna posibilidad de fallo o error que produzca la desconfianza de la sociedad sobre este producto.

8. OBJETO

El presente proyecto tiene por objetivo el diseño de una estación de suministro de GPL (“Gas de Petróleo Licuado”) para vehículos. La instalación será genérica e independiente, se podrá instalar aislada o adyacente a cualquier estación de servicio de la provincia de Cádiz. Se diseñará el depósito, las instalaciones y equipos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento.

El depósito de almacenamiento se diseñará en base al Código ASME y cumpliendo con la legislación vigente. Tendrá una capacidad de 50 m³.

Se diseñará también la red de tuberías y se indicarán los instrumentos de medida y accesorios que se instalarán tanto en ella como en el depósito.

Se describirán las medidas tomadas para proteger las tuberías y el depósito contra la corrosión (sistema de protección catódica, pinturas protectoras y encintado de tuberías).

Se justificarán la elección de determinados equipos tales como: la bomba (para la impulsión del GPL), el surtidor (para el suministro de GPL a vehículos) y el equipo de trasvase (para la operación de llenado del depósito).

Se incluirá un protocolo de funcionamiento donde se indicará cómo llevar a cabo la puesta en marcha (pruebas, ensayos y verificaciones), la explotación (cómo realizar las operaciones de llenado del depósito, suministro de GPL a vehículos, etc.) y el mantenimiento de la instalación.

Se indicarán las condiciones en que se manipulará y transportará el depósito y se describirá la obra civil asociada, a la que se adjunta un estudio básico de seguridad y salud dónde se indica cómo llevar a cabo la misma.

Se indicarán las medidas de seguridad y de prevención con las que cuenta la instalación, tales como: sistemas contraincendios, señalización, protocolos de actuación en caso de emergencia y medidas de seguridad básicas a cumplir en la instalación.

Una vez finalizado el diseño de la instalación se estimará el coste de la misma. Además se elaborará un estudio económico y de viabilidad, dónde se estime el tiempo de amortización de la instalación y el beneficio anual generado durante los diez primeros años tras su puesta en marcha.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 2: Descripción General.

*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio
de la provincia de Cádiz.*

1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO

1.1. Descripción

La instalación de suministro de GPL diseñada en el presente proyecto (compuesta de depósito, boca de trasvase, red de tuberías, conjunto de válvulas y accesorios, surtidor, etc.) es una instalación genérica e independiente. Se puede instalar aislada o adyacente a cualquier estación de servicio común (ya existente o de nueva construcción), siempre que se cumpla con una serie de requisitos.

En este proyecto se ha limitado su ubicación a la provincia de Cádiz, por esta razón se tomarán datos del clima (para datos de temperatura de diseño) y de las características del terreno de esta zona (para el sistema de protección catódica).

El único requisito a cumplir (sea cual sea la ubicación de la estación de servicio) son las distancias de seguridad que se recogen en la *Norma UNE 60250* y en la *Norma UNE 60630*, de las que se recogen los aspectos referentes a este tema en el siguiente apartado.

1.2. Normativa

En este apartado se recogen los aspectos referentes a las “distancias de seguridad” que aparecen en la *Norma UNE 60250* y en la *Norma UNE 60630*.

Se indican las distancias mínimas a respetar desde distintos puntos de la instalación hasta las distintas construcciones y elementos que pueden encontrarse en las cercanías de la estación de servicio.

“UNE 60250, Recopilación de las distancias de seguridad para el depósito ($V=50m^3$)”:

- ***Distancias de seguridad 1***

Define la “estación de GPL” como la superficie en planta limitada por las distancias de seguridad establecidas en la tabla 20.1 del anexo definiciones.

- **Distancias de seguridad 2***

Tabla I.2.1:
Distancias mínimas de seguridad desde orificios a elementos.

Distancia mínima de seguridad desde orificios	E-60 (enterrado, $13 < V < 60 \text{ m}^3$) D_0
Referencia 1	0.8
Referencia 2	3.5
Referencia 3	1.5
Referencia 4	4
Referencia 5	8
Referencia 6	3

*Datos tomados del anexo B de la Norma UNE 60250.

- Referencia 1: Espacio libre alrededor de la proyección sobre el terreno desde los orificios del depósito.
- Referencia 2: Distancia al cerramiento.
- Referencia 3: Distancia a muros o paredes ciegas (RF-120).
- Referencia 4: Distancias a límites de propiedad, aberturas de inmuebles, focos fijos de inflamación, motores fijos de explosión, vías públicas, férreas o fluviales, proyección de líneas aéreas de alta tensión, sótanos, alcantarillados o desagües.
- Referencia 5: Distancias a aberturas de edificios de uso docente, de uso sanitario, de culto, de esparcimiento o de espectáculo, de acuartelamientos, de centros comerciales, museos, bibliotecas o lugares de exposición públicos. Estaciones de servicios. (Bocas de almacenamiento y puntos de distribución).
- Referencia 6: Distancia de la boca de carga de la cisterna de trasvase.

“UNE 60630, Apartado 4.1. Emplazamiento (zona de almacenamiento)”

La zona de almacenamiento de GPL a granel para su utilización como carburante para vehículos a motor debe cumplir con las condiciones de ubicación y guardar las distancias mínimas de seguridad determinadas con

carácter general en la norma UNE 60250, excepto las establecidas en la siguiente tabla:

Tabla I.2.2:
Distancias de seguridad entre orificios.

Distancias	Distancia desde los orificios de los depósitos (m)
A orificios de depósitos de otros hidrocarburos líquidos	5
A puntos de distribución de otros hidrocarburos líquidos	5

Esta norma específica también la ubicación de la zona de suministro, ya que es una de las partes potencialmente peligrosa.

“UNE 60630, Apartado 5.1. Zona de suministro”

La zona de suministro debe ubicarse de manera que se cumplan las distancias mínimas de seguridad. Éstas se miden en proyección vertical desde cualquier aparato suministrador fijo que contenga GPL en fase líquida o gaseosa, que son las siguientes para una instalación de acceso libre:

Tabla I.2.3:
Distancias de seguridad a distintos elementos.

Elementos	Distancia (m)*
Edificaciones de la propia estación de servicio.	6
Carreteras de cualquier orden o vías transitables.	5
Líneas ferroviarias.	9
Límite de propiedad.	7
Tragaluces, respiraderos de sótanos, sumideros, alcantarillas, etc.	5
Bocas de almacenamiento o venteos de otros hidrocarburos.	5
Proyección de líneas de alta tensión.	9
Aparatos suministradores de otros tipos de carburantes.	5
Instalaciones con peligro de incendios o explosión.	9
Almacenamiento de depósitos móviles de GPL (hasta 500 Kg).	2
Almacenamiento de depósitos móviles de GPL (más de 500 Kg).	10
Locales de acceso público ajenos a la estación.	20
Depósitos de GPL de la propia estación.	3

*Estas distancias se pueden reducir hasta un 40% colocando pantallas de protección entre el elemento y el surtidor de al menos 2 metros de altura.

Mientras que se respeten estas distancias mínimas, la orientación, la posición y colocación de los distintos elementos puede variar en función de las necesidades. No hay que olvidarse de que lo diseñado en este proyecto es una instalación básica y general.

1.3. Aplicación normativa

Dado que esta es una instalación genérica, no se conocen muchas de las edificaciones y elementos que pueden existir en las cercanías de la estación de servicio (carreteras, edificios, depósitos para otros combustibles, etc.). Por tanto solo establecerán las distancias que tienen que existir entre estas edificaciones y elementos conocidos, y los distintos puntos de la estación de GPL (a orificios y al surtidor). Estas distancias serán en la mayor parte de los casos iguales a las distancias mínimas de seguridad establecidas por las normas, para construir así la estación de servicio en el mínimo espacio posible. Son las siguientes:

■ Distancias desde orificios*:

- 3,5 m hasta el cercamiento
- 4 m hasta el límite de propiedad
- 3 m al punto de trasvase
- 8 m hasta el punto de distribución

*Cumplen con la condición de "orificio" la tubuladura F correspondiente a las válvulas de seguridad.

■ Distancias desde el surtidor:

- 7 m hasta el límite de propiedad
- 3 m hasta el depósito

Con estos datos se diseñará el esquema general de la estación de servicio, que puede verse en el plano N° 4 "Estación de suministro de GPL".

2. PARTES DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO

La estación de GPL estará compuesta como todas por dos zonas: la zona de almacenamiento y la zona de suministro. A continuación se explica a en qué consiste cada una de ellas, los elementos que contiene y la posición relativa dentro de la instalación.

2.1. Zona de almacenamiento

Es la zona donde se encuentran el conjunto de depósitos destinados al almacenamiento de GPL, delimitada por la boca de carga y las válvulas de corte de salida y retorno hacia la zona de suministro.

Esta zona se puede subdividir en otras tres:

- ▶ Zona del depósito: depósito, cercamiento, instrumentos de medida, válvulas y accesorios.
- ▶ Zona de trasvase: bocas de trasvase y zona para el estacionamiento del camión cisterna.
- ▶ Zona de corte y prueba métrica: arqueta con llaves de corte y tomas para la realización de la prueba métrica.

2.2. Zona de suministro

Aquella donde se encuentran ubicados los aparatos suministradores (la isleta con sus respectivas protecciones) y el espacio delimitado para los vehículos que efectuarán el abastecimiento de GPL (debidamente señalizado).

En el plano N° 4 puede verse la posición relativa de cada una de las zonas.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO

3.1. Zona de almacenamiento

3.1.1. Zona del depósito

3.1.1.1. Descripción del depósito

Se instalará un depósito enterrado para el almacenamiento de GPL diseñado de acuerdo con el Código ASME (Sección VIII división I) y cumpliendo con las condiciones que establecen la *Norma UNE 60630: “Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor”* y la *Norma UNE 60250: “Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GPL) de depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras”*.

Las condiciones tomadas para el diseño del depósito son: una presión de 17 bares (*Norma UNE 60630*) y una temperatura de 0 a 45 °C.

El depósito objeto de estudio será cilíndrico, de eje horizontal y tendrá un volumen de 50 m³. El volumen útil del depósito será de 42,5 m³. No tendrá compartimentos interiores. Será de pared simple y estará fabricado tanto el depósito como todos sus accesorios en acero SA 515 70.

Tendrá las siguientes dimensiones exteriores:

- ▶ Diámetro exterior: 2.327 mm.
- ▶ Longitud total: 12.600 mm.

Estará constituido principalmente por tres partes:

■ **Virola**

Con una longitud total de 11.690 mm y un diámetro exterior de 2.327 mm. Esta construida por la unión mediante soldadura de cinco chapas de acero de 7.182 x 2.338 mm y 20,64 mm de espesor (13/16”) cada una.

Las placas se posicionarán de forma que el ángulo formado entre las uniones soldadas sea de 75 °. Ninguna de estas soldaduras coincidirá con la de otro elemento.

El tipo de soldadura usado será manual, de tipo SMAW (“*Shielded Metal Arc Welding*”) y después automática, de tipo SAW (“*Sumerged Arc Welding*”). Se dejará una distancia entre placa y placa de 2 a 4 mm para la realización

correcta de la soldadura. La preparación de los bordes será en forma de “V” de 45°.

■ Fondos

Dos fondos toriesféricos que se soldarán uno en cada extremo de la virola. Tendrán una altura de 457,2 mm, un diámetro exterior de 2.327 mm y un espesor de 31,75 mm (1 1/4”).

Se soldarán a la virola mediante soldadura manual, de tipo SMAW (“*Shielded Metal Arc Welding*”) y después automática, de tipo SAW (“*Sumerged Arc Welding*”). Previo a la soldadura, la placa más gruesa (la de los fondos) deberá achaflanarse, la longitud de este chaflán será de 23,8 mm (15/16 de pulgada).

Las placas se colocarán a una diferencia de altura con respecto a sus ejes centrales 4 mm (5/32 de pulgada) y distanciadas de la virola una distancia de 2 a 4 mm.

3.1.1.2. Accesorios del depósito

El depósito constará de los siguientes accesorios:

■ Silletas

Se colocarán dos silletas del mismo material que el depósito, acero SA 515 70, se situarán a una distancia de 1.778 mm (70”) del extremo de la virola.

El ángulo de contacto entre las silletas y el depósito será de 120 ° y las dimensiones serán las tabuladas para el diámetro del depósito. Para soldarlas al recipiente se usará soldadura de tipo filete.

Las variaciones de temperaturas originarán dilataciones o contracciones en el depósito. Para absorber estas deformaciones, una de las silletas, la situada en la zona derecha, tendrá ranuras en vez de agujeros en el anclaje, para permitir su deslizamiento en caso de contracción o dilatación. La longitud de las ranuras se determinará de acuerdo a la magnitud de las deformaciones esperadas.

Orejetas

Se colocarán dos orejetas fabricadas en acero SA 515 70 en la generatriz superior del depósito, paralela a ésta y a una distancia de 2.600 mm de la unión de la virola con los fondos, obteniéndose así una configuración simétrica y un buen reparto de cargas. Las dimensiones serán las tabuladas para la carga que soporta. Para soldar las orejetas al recipiente se usará soldadura de filete.

Boca de hombre

Necesaria para la inspección y reparación en caso de fallo del depósito. Tendrá un diámetro de 508 mm (20") y una altura de 200 mm. Su estudio se incluye dentro de la sección de tubuladuras.

Tubuladuras

Necesarias para la salida y entrada del fluido en el depósito, para la instalación de instrumentos de medida, de válvulas de seguridad y de los elementos para la operación de trasvase.

Las tubuladuras son las siguientes (en orden de importancia):

- A. Llenado
- B. Retorno de la cisterna
- C. Bomba
- D. Bypass
- E. Retorno del surtidor
- F. Válvulas de seguridad
- G. Purga superior
- H. Indicador de máximo nivel de llenado
- I. Termómetro
- J. Manómetro
- K. Medidor de nivel
- L. Purga inferior
- M. Boca de hombre

Se distribuirán las tubuladuras en tres zonas distintas del depósito:

► Sobre la generatriz superior del depósito (de izquierda a derecha):

Irán colocadas las tubuladuras correspondientes a: la purga superior (G), indicador de máximo nivel de llenado (H), la boca de carga (A), la boca de hombre (M), el bypass (D), la bomba (C), retorno del surtidor (E) y las válvulas de seguridad (F).

► Sobre la boca de hombre:

Irán colocadas las tubuladuras correspondientes al retorno de la cisterna (B) y a los elementos de medida: el termómetro (I), el medidor de nivel magnético (J) y el manómetro (K).

► En la generatriz inferior:

En esta zona solo irá la tubuladura correspondiente a la purga inferior (L), situada en el extremo izquierdo (lado hacia el cual está inclinado el depósito) para poder realizar el vaciado completo del depósito en situaciones que lo requieran.

El fabricante realizará las pruebas de presión necesarias y el radiografiado completo de las soldaduras del depósito. Además deberá emitir un certificado donde se recojan todas las características del tanque, ensayos realizados y se haga constar que ha sido fabricado de acuerdo con la normativa vigente.

3.1.1.3. Protección contra la corrosión

■ Protección pasiva: Acabado y pintura

El depósito tendrá una triple protección exterior contra la corrosión:

En primer lugar la preparación de la superficie mediante una “limpieza comercial con chorro a presión”, después se le aplicará una imprimación de pintura anticorrosión de tipo epoxi (tres manos de pintura con distintos espesores) y finalmente se le dará un acabado en negro según indica la *Norma UNE 60250* para depósitos enterrados.

El fabricante será el responsable de que la aplicación y el acabado de las distintas capas de pinturas sea el adecuado.

■ **Protección activa: Sistema de protección catódica**

El depósito estará dotado de un sistema de protección activa ya que las características del suelo lo requieren.

Se ha diseñado un sistema de protección catódica para la composición típica de los terrenos de la provincia de Cádiz, dado que es esta la zona geográfica donde se situará el depósito.

El sistema de protección catódica se colocará dentro del cubeto de protección del depósito. Estará compuesto por diez ánodos de sacrificio preempacados de magnesio de alta aleación, serán de forma cilíndrica y tendrán un peso de 12,25 kg cada uno. Se colocarán equidistantes unos de otros y a una distancia de 1 metro del depósito. Se unirán entre ellos y al depósito por medio de un cable de cobre de 25 mm² aislado mediante un compuesto bituminoso.

3.1.1.4. Bomba

Se colocará una bomba centrífuga vertical de funcionamiento seco en la tubuladura C, para hacer posible la impulsión del combustible desde el depósito al surtidor.

Para el correcto funcionamiento de ésta, es necesaria la instalación de una línea de bypass. Se instalará en una tubería que parte de la tubuladura de impulsión (después de la bomba) y retorna al depósito (tubuladura D). Estará dotada de su correspondiente válvula de bypass y de una válvula de accionamiento neumático.

3.1.1.5. Instrumentos de medida

Se instalarán los siguientes instrumentos de medida en el depósito:

- Indicador de máximo nivel de llenado, situado en la tubuladura H.
- Termómetro, en la tubuladura I.
- Manómetro, en la tubuladura J.
- Indicador de nivel magnético, en la tubuladura K.
- Un segundo manómetro colocado en la tubuladura de impulsión.

3.1.1.6. Red de tuberías

En la instalación existirán distintas líneas de tuberías, algunas serán aéreas, otras subterráneas y otras tendrán tramos aéreos y subterráneos. Todas serán del mismo material, acero inoxidable AISI 304 e irán dotadas de la protección externa necesaria en función de su ubicación. Cada una tendrá características (longitudes, diámetros y espesores) y elementos distintos en función de su uso. Se identificará cada una de las líneas por la letra de la tubuladura de la que salen, teniéndose así:

- ▶ Línea A: Llenado
- ▶ Línea B: Retorno de la cisterna
- ▶ Línea C: Bomba
- ▶ Línea D: Bypass
- ▶ Línea E: retorno del surtidor
- ▶ Línea F: Válvulas de seguridad
- ▶ Línea G: Purga superior
- ▶ Líneas B' y E': prueba métrica.

A continuación se hace una breve descripción y se indica la función de cada una de las líneas:

Llenado (A)

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios específicos para la operación de llenado del depósito (trasvase de fase líquida de la cisterna al depósito).

La boca de carga de esta instalación será una “boca de carga a distancia”, ya que no se encuentra instalada directamente en el depósito, sino que existe un tramo de tubería que los separa.

Retorno de la cisterna (B)

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios específicos necesarios para la operación de retorno de la fase gas del depósito al camión cisterna.

Bomba (C)

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios específicos necesarios para la operación de impulsión del fluido desde el depósito hasta el surtidor.

■ **Bypass (D)**

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios necesarios para la desviación de parte del fluido (líquido y gas, si lo hubiese) de la tubería de impulsión. Este sistema hará posible el correcto funcionamiento de la bomba.

■ **Retorno del surtidor (E)**

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios necesarios para el retorno del fluido desde el surtidor hacia el depósito. También se usará este tramo de tuberías para el retorno de combustible en la prueba métrica.

■ **Válvulas de seguridad (F)**

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios necesarios para la evacuación de parte del fluido en caso de aumento de presión por encima de un valor determinado (20 bar).

■ **Purga superior (G)**

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios específicos necesarios para llevar a cabo la operación de drenado (eliminación de los sedimentos y elementos decantados) del depósito, así como para evacuar el agua utilizada para la prueba de resistencia mecánica.

■ **Prueba métrica (B' y E')**

Conjunto tuberías, válvulas y accesorios específicos para la conexión de los instrumentos necesarios para la realización de la “prueba métrica”, que tiene por objetivo verificar la exactitud de los surtidores.

3.1.1.7. Valvulería y accesorios

Los instrumentos de medida y las distintas líneas de tuberías irán dotados de las válvulas y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento y todos ellos son adecuados para las condiciones de trabajo a las que serán sometidos.

3.1.1.8. Sistema neumático

Se instalará un sistema neumático, que permitirá la abertura y cierre automático de las válvulas A.1, B.1, C.1, D.1, E.1 C.8 y E.3, que serán de accionamiento neumático.

La función del sistema neumático es permitir el correcto funcionamiento de la instalación (abrir y cerrar el paso de combustible en las operaciones de suministro y de trasvase) y parar el funcionamiento completo de la misma en caso de emergencia (cuando se presione cualquiera de los pulsadores de emergencia).

La red de “consumo de aire” tendrá un trazado simple, que irá desde la caseta contenedora del “sistema de producción de aire” hasta las válvulas de accionamiento neumático. El tipo de actuador usado será el mismo para todas las válvulas: cilíndrico a efecto simple.

El “sistema de producción de aire” se instalará en el interior de una caseta situada a 9 metros del depósito.

3.1.1.9. Instalación

Cubeto

El depósito se instalará en un cubeto de hormigón armado de dimensiones 15.900 X 5.627 X 3.400 mm y 150 mm de espesor. En la base del depósito se colocará un alza de 100 mm de altura que será donde se anclen las silletas. El cubeto sobresaldrá 250 mm del nivel del suelo.

Se instalará en una esquina del cubeto un tubo buzo que llegue hasta el fondo de este, para poder detectar cualquier acumulación de gas o de agua en el fondo de la fosa.

Una vez que el depósito este colocado en el interior del cubeto, se rellenará éste con arena de río lavada, hasta conseguir una altura de 100 mm por encima de la generatriz superior del depósito.

Por último se colocará una placa de hormigón donde irá fijada la bomba. Se colocará de forma transversal al depósito, a la derecha de la tubuladura C, donde se conectará la bomba. La placa tendrá unas dimensiones de 5.320 x 250 mm y de 50 mm de espesor.

Techo

Se instalará un techo de dimensiones 16.250 x 6.000 formado por 26 de paneles de tipo sándwich. Irá inclinado un 10% hacia la zona trasera y tendrá una altura de 2.000 mm desde el suelo hasta su zona más baja.

El techo estará sujeto con 8 vigas metálicas en forma de “U” que se unirán por su parte superior al techo y por su parte inferior al cubeto que contiene el depósito.

Cercamiento

Se colocará un cercamiento de malla metálica alrededor del cubeto, que cumpla todos requisitos establecidos en la *Norma UNE 60250*. Este tendrá unas dimensiones de 20.000 x 8.000 mm y una altura de 2.000 mm.

Tendrá una puerta de acceso para el personal de la instalación, situada a 5 metros del extremo derecho del cercamiento, a través de la cual se realizará también la operación de trasvase (introducción de las mangueras de la cisterna en la zona del depósito para su conexión con las bocas de carga y descarga).

Todos los equipos de trasvase, impulsión, regulación y medida deben quedar dentro del cercamiento.

Todo el espacio existente entre la cuba y el cercamiento irá cubierto con el material extraído de la excavación bien compactado.

3.1.2. Zona de trasvase

La estación de servicio objeto de estudio no está dotada de equipo de trasvase propio, sino que será el camión cisterna el encargado de llevarlo (operación de trasvase mediante bombas). La estación de servicio estará dotada de todos los elementos y las conexiones necesarias para la realización de la operación de trasvase.

La operación de llenado del depósito se llevará a cabo mediante el envío de fase líquida al depósito y retorno de fase gaseosa al camión cisterna. Por tanto se tendrán dos líneas de tuberías con sus respectivas conexiones para la operación de trasvase (línea A para el llenado con GPL líquido y línea B para el retorno del gas).

Ambas conexiones se colocarán ancladas en la cara exterior del cubeto. Se tendrá acceso a ellas desde el exterior a través la puerta situada en el cercamiento.

La instalación consta de una boca de carga a distancia y una boca de descarga que contarán con todos los elementos necesarios para la correcta conexión con el camión cisterna.

Se definirá un espacio debidamente señalizado para el estacionamiento del camión cisterna que deban efectuar la operación de trasvase de GPL.

Se colocará la señalización necesaria referente a la operación de trasvase, a los peligros de la instalación, a la gestión en caso de emergencia y a la ubicación de los sistemas de extinción.

3.1.3. Zona de corte y prueba métrica

Consiste en una arqueta de 600 x 600 mm y 700 mm de profundidad, donde se instalarán llaves de corte situadas en las tuberías de envío y de retorno del surtidor y tomas para la realización de la prueba métrica.

La arqueta irá cerrada con una tapa metálica capaz de soportar el tránsito de vehículos, tendrá las mismas dimensiones que la arqueta.

3.2. Zona de suministro

Se instalará un aparato suministrador dotado de un único “equipo de suministro”, que cumpla con lo establecido en el apartado 5.2 de la *Norma UNE 60630*. Irá instalado en una isleta de 1.000 x 2.000 mm, dotada de las protecciones para evitar posibles impactos de los vehículos con el surtidor.

Se definirá un espacio debidamente señalizado para el estacionamiento de los vehículos que deban efectuar el abastecimiento de combustible. Se colocará la señalización necesaria referente a la operación de llenado, a los peligros de la instalación, a la gestión de emergencias y a la ubicación de los sistemas de extinción.

3.3. Servicios comunes

3.3.1. Puesta a tierra

El depósito, la bomba, el aparato suministrador y en general todas las partes metálicas de la instalación, irán conectadas entre sí y a tierra. Esta puesta a tierra será menor de 80 ohmios e independiente de cualquier otra. Deberá cumplir con los requisitos establecidos en la *Norma UNE 60630*.

3.3.2. Equipos Contraincendios

Toda la instalación será dotada como mínimo de los elementos de obligado cumplimiento según la *Norma UNE 60630*. Estarán debidamente señalizados.

3.3.3. Cartelística

La estación de servicio estará dotada de los carteles de prohibición generales necesarios para este tipo de instalación, que serán de: “Gas inflamable” y “prohibido fumar y encender fuego”.

Además se instalarán dos paneles, uno en la zona de almacenamiento y otro en la zona de suministro con la información específica referente a cada una de las zonas; esta información será:

- ▶ Carteles de “gas inflamable” y “prohibido fumar y encender fuego”.
- ▶ Carteles de aviso y prohibiciones específicas.
- ▶ Diagrama de flujo de la instalación.
- ▶ Identificación de elementos.
- ▶ Normas de funcionamiento:
 - Operación de trasvase y de drenado (zona de almacenamiento).
 - Operación de suministro de GPL a vehículos (zona de suministro).
- ▶ Gestión de emergencias.

En cada panel además irá instalado un pulsador de emergencia debidamente señalizado.

3.3.4. Sistema de corte en caso de emergencias

La instalación estará dotada de 3 pulsadores de emergencias tipo seta. Uno se colocará junto a la boca de carga, dentro del cercamiento; mientras que los otros dos estarán colocados en los paneles informativos: uno estará situado delante del cercamiento y otro junto al surtidor.

Al accionar cualquiera de los pulsadores, se interrumpirá de un modo instantáneo el flujo de gas entre la zona de almacenamiento y el surtidor mediante el cierre automático de las válvulas de la “arqueta de intervención y prueba métrica”. Los pulsadores quedarán bloqueados tras su utilización.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 3: Descripción específica.

*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un
área de servicio de la provincia de Cádiz.*

3.1. MATERIAL DEL DEPÓSITO

1. TIPOS DE ACEROS

Debido a la existencia de una amplia variedad de materiales disponibles en el mercado, no es sencilla la tarea de seleccionar el material. Además para su selección deben considerarse diversos aspectos, tales como: costes, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, etc.

Entre los metales, los aceros son los empleados con mayor frecuencia, y entre estos, los más comunes son los aceros al carbono, seguidos por los de baja aleación, los de alta aleación, dentro de los que se encuentran los aceros inoxidables, los aceros para herramientas y las superaleaciones. Se muestran a continuación las principales características de cada uno de ellos.

1.1. Aceros al carbono

Más del 90 % de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65 % de manganeso, el 0,60 % de silicio y el 0,60 % de cobre.

Son los más disponibles y económicos, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

1.2. Aceros de baja aleación

Como su nombre indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. En general están fabricados para cumplir condiciones específicas de uso. Son un poco más costosos que los aceros al carbón, pero tienen mejores propiedades.

1.3. Aceros de alta aleación

Aquellos en los que la cantidad de aleantes supera el 5 % en peso, por lo que son más costosos y se usan para servicios especiales. Se clasifican en:

- a) Aceros inoxidables: requieren la adición de aleantes que aumenten su resistencia a la corrosión.
- b) Aceros para herramientas: requieren gran cantidad de aleantes que aumenten su dureza.

- c) Superalesaciones: requieren la adición de elementos aleantes que les proporciona estabilidad en aplicaciones a altas temperaturas.

2. PROPIEDADES REQUERIDAS

El material escogido tendrá satisfacer una serie de requerimientos para poder soportar las condiciones de servicio, para ello deberá tener ciertas propiedades.

2.1. Propiedades mecánicas

Dado que el depósito debe soportar presión interna media (la presión de diseño es 17 bar), el material escogido debe tener una resistencia a la tensión alta, un alto nivel de cedencia, alto porcentaje de alargamiento y mínima reducción de área.

2.2. Propiedades físicas

Se buscará que el material escogido tenga coeficiente de dilatación térmica bajo, aunque las temperaturas que soportará no sean muy altas (el depósito se diseñará para un rango de temperaturas que va desde 0 a 45 °C).

2.3. Propiedades químicas

La primera cosa a tener en cuenta a la hora de seleccionar el material del depósito es la resistencia química del material al fluido que va a contener.

Eso se hará mirando en las tablas 7.2 y 7.3 del anexo 7 la resistencia química de los distintos materiales con el propano y el butano (componentes mayoritarios del GPL). En dicha tabla puede verse que el acero y el hierro tienen una buena resistencia química tanto al propano como al butano, por tanto serán materiales válidos para la fabricación del recipiente.

Este factor es de muchísima importancia, ya que un material mal seleccionado causará serios problemas debido a la corrosión. Pueden verse las consecuencias en el apartado 3.3 “Protección contra la corrosión”.

2.4. Soldabilidad

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de las uniones entre las distintas partes del mismo se hacen mediante soldadura.

Cuanto más elementos contenga un metal, mayores serán las precauciones que deben tomarse durante los procedimientos de soldadura, para que se conserven intactas las características que proporcionan los elementos de aleación.

Además deberán de tenerse en cuenta la compatibilidad de los materiales a la hora de soldar, ya que pueden crear serios problemas en las uniones.

3. SELECCIÓN DEL ACERO

3.1. Aceros de baja aleación

Una vez vistos los principales tipos de aceros y las propiedades requeridas para el recipiente a diseñar, se limita la búsqueda del material para la fabricación del depósito al grupo de los aceros de baja aleación.

Esto se debe a que los aceros al carbono, aunque sean más económicos no reúnen las características necesarias para las condiciones a las que estará sometido el depósito. Mientras que los aceros de alta aleación si las reúnen, pero son demasiado costosos vistas las dimensiones del depósito. Por tanto se buscará el material dentro del grupo de los aceros de baja aleación, ya que aunque sean más costosos que los aceros al carbono, el coste es asumible (no como en el caso de aceros de alta aleación) y reúnen las características necesarias para soportar las condiciones de servicio.

Para ciertos niveles de resistencia los aceros de baja aleación muestran mejores combinaciones de resistencia, tenacidad y ductilidad que los aceros de carbono ordinarios. Por ello los aceros de baja aleación se usan normalmente para servicios donde la resistencia y otros requerimientos mecánicos son altos, pero no son excesivamente severos, como es el caso.

Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón. En la tabla 3.1.1 pueden verse observar los aceros recomendados para los distintos rangos de temperaturas.

Los aceros de baja aleación tienen un coste relativamente bajo, pero tienen algunas limitaciones:

- No pueden ser forzados más allá de 100.000 psi (6.897 bar) sin que se produzca una sustancial pérdida de ductilidad y resistencia a impactos. Como la presión de diseño será de 17 bar, este punto no influirá.
- Tienen poca resistencia a la corrosión y a la oxidación, de ahí que haya que darles un tratamiento anticorrosión. En el presente caso se le aplicará una pintura protectora y una de acabado para proteger a la superficie de la corrosión. Puede verse más detalladamente en el apartado 3.3. “Protección contra la corrosión”.
- Tienen poca resistencia al impacto a bajas temperaturas. Este punto no supone ninguna limitación ya que las temperaturas que se darán no serán demasiado bajas y además el depósito estará enterrado, por lo que la posibilidad de recibir impactos es prácticamente inexistente (se tomarán todas las precauciones pertinentes a la hora de su transporte e instalación).

3.2. Estudio y elección

Dentro del grupo de los aceros de baja aleación existen diversos tipos. Pueden verse en la siguiente tabla una clasificación de los aceros usados para servicios a presión en función de la aplicación y del rango de temperatura recomendada para su uso.

Tabla I.3.1.1:
Aceros para recipientes a Presión.

ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN Y USO FINAL
ASTM/ASME SA-285-C	Recipientes estacionarios de resistencia baja e intermedia.
ASTM/ASME SA-455	Recipientes estacionarios de alta resistencia.
ASTM/ASME SA-515-60	Recipientes de media resistencia para servicios de media y alta temperatura.
ASTM/ASME SA-516-60	Recipientes de media resistencia para servicios de media y baja temperatura.
ASTM/ASME SA-516-70	Recipientes para baja y media temperatura.
ASTM/ASME SA-515-70	Recipientes para media y alta temperatura.
NMX B-475	Recipientes a presión (esferas).
ASTM/ASME SA-612	Recipientes para carros tanque F.F.C.C.
AAR TC-128-B	

Dentro de los aceros que se recogen en la tabla anterior, serían válidos para el caso de estudio el acero SA 285 C, el SA 515 60, el SA 516 60, el SA 515 70 y el SA 516 70.

Para poder elegir entre ellos vemos la composición y las propiedades físicas de cada uno de ellos, que se encuentran recogidas en la siguiente tabla.

Tabla I.3.1.2:
Composición química y propiedades de algunos aceros.

TIPO	COMPOSICIÓN QUÍMICA % EN PESO MÁXIMO						Lím. elást. (KSI min)	Ultima tensión (KSI min)	% elong. (min)
	C	Mn	P	S	Si	Cb			
SA 285 C	0,28	0,9	0,035	0,035	0,40	0,020	30	55-75	27
SA 515 60	0,27	0,9	0,035	0,035	0,15-0,40	0,020	33	60-80	20
SA 516 60	0,27	0,9	0,035	0,035	0,15-0,40	0,020	33	60-80	20
SA 516 70	0,31	1,2	0,035	0,035	0,15-0,40	0,020	38	70-90	17
SA 515 70	0,31	1,2	0,035	0,035	0,15-0,40	0,020	38	70-90	17

Visto que el recipiente está sometido a una presión media y a temperaturas medias, las propiedades más importantes serán el límite elástico y la última tensión o tensión de fractura.

Por un lado se tiene que el SA 285 C tiene unas buenas propiedades mecánicas en relación a su precio, pero para el caso de estudio es conveniente usar un material con valores más altos de estas propiedades.

Por otro lado el SA 515 60 y el SA 516 60 tienen mejores propiedades que el SA 285, pero su precio es mucho más elevado. Además no suelen usarse, ya que la diferencia de precio entre el SA 515 60 y el SA 516 60 con respecto al SA 515 70 y al SA 516 70 es muy pequeña, mientras que las propiedades mejoran notablemente, por lo que es conveniente usar cualquiera de los dos últimos.

Por tanto los materiales más adecuados para el caso de estudio serán el SA 516 70 y el SA 515 70, aunque serán también los más costosos.

Entre estos dos, el SA 515 70 está recomendado para servicios a temperatura media y alta, mientras que el SA 516 70 está recomendado para servicios a baja y media temperatura, por lo que será mejor tomar el primero

(que un material esté preparado para soportar altas temperaturas denota su mayor resistencia frente a los que no lo están).

Decir también que en el diseño de depósitos a presión el material más usado ha sido siempre el SA 285 C, pero que en los últimos en el sector de la petroquímica la tendencia es usar el SA 515 70, que aunque sea más caro, ofrece una resistencia más adecuada para las condiciones de trabajo.

Por tanto, para la construcción del depósito se usará el acero SA 515 70, ya que es más usado en el sector de la petroquímica en los últimos años y el que reúne las propiedades adecuadas para el caso de estudio. Además el SA 515 70 es el material aconsejado para la construcción de los accesorios típicos de los depósitos (silletas, tubuladuras, orejetas, etc.), lo que hará que después no surjan problemas de compatibilidad de materiales a la hora de soldar éstos al depósito (se elegirán todos los accesorios del mismo material que el depósito).

Por estas razones se escoge definitivamente como material de construcción del depósito y de todos sus accesorios el SA 515 70.

3.2. SOLDADURA EN EL DEPÓSITO

1. CONFORMACIÓN DEL DEPÓSITO

El depósito objeto de estudio está compuesto por el cuerpo del depósito y por los accesorios (silletas, orejetas, tubuladuras y boca de hombre).

El cuerpo del depósito está compuesto a su vez por tres partes: la virola cilíndrica y los dos fondos toriesféricos. Los fondos son una única pieza, mientras que la virola, dadas las dimensiones del depósito, estará formada por la unión de varios cilindros de iguales dimensiones. Para la conformación de la virola habrá que elegir el número de placas, el tamaño de éstas y el ángulo que forman las costuras longitudinales entre ellas. Se escogerán estos parámetros en base a la relación número-tamaño de placa y a la disponibilidad de espacio que dejen los accesorios, ya que no pueden coincidir éstos con las uniones soldadas.

Por otro lado están los accesorios que son: las silletas, la boca de hombre, las tubuladuras y las orejetas. Irán unidos al cuerpo del depósito mediante soldadura, se verá en el apartado 4 de este capítulo.

1.1. Número de placas

El número de placas escogido es cinco. Si se tomase un valor inferior, las placas serían demasiado grandes. Mientras que si se tomase un valor superior, aumentaría demasiado el número de placas, por lo que el coste en soldadura también aumentaría. Además se darían problemas a la hora de soldar los accesorios, ya que probablemente coincidirían con alguna de las soldaduras de la virola.

Los cálculos para determinar el número de placas están en el anexo 5.

1.2. Tamaño placas

Para calcular la longitud de las placas se ha tomado el radio de la virola cilíndrica y se ha calculado la longitud de la circunferencia con dicho radio. Mientras que para calcular el ancho de las placas se ha tomado la longitud total de la virola y se ha dividido entre el número total de placas.

Las dimensiones obtenidas son de 282,74 x 92,05 pulgadas (o lo que es lo mismo 7.162,8 x 2.336,8 mm). Los cálculos realizados para determinar el número de placas están recogidos en el anexo 5.

1.3. Ángulo entre soldaduras

Para que se repartan uniformemente los esfuerzos a lo largo de toda la virola, las costuras longitudinales de cada uno de los elementos cilíndricos que la conforman deben estar distanciadas en una magnitud igual.

Para conseguirlo se colocarán los cilindros orientados de tal forma que el ángulo existente entre cada costura longitudinal y la sucesiva sea de 72°.

Los cálculos de este apartado pueden verse en el anexo 5.

1.4. Orden de soldado de las piezas

Una vez conocido el número de piezas que formarán el depósito, su tamaño y su disposición, se indica el orden en el cual se soldarán.

En primer lugar se soldaran las cinco placas de 282,74 x 92,05 pulgadas (7.162,8 x 2.336,8 mm) para formar los elementos cilíndricos independientes.

Una vez soldadas las cinco costuras longitudinales de los elementos, se soldarán entre sí, uno después de otro. Se colocarán de tal modo que cada costura longitudinal forme con la siguiente un ángulo de 72°. Una vez soldados los cinco cilindros entre se tendrá formada la virola. Seguidamente se soldará una de las cabezas y después la otra.

Por último se soldarán los distintos accesorios en el siguiente orden: primero las silletas, seguido de la boca de hombre, las tubuladuras y por último las orejetas.

2. UNIONES SOLDADAS

Una vez conocida la conformación del depósito se puede especificar el tipo de soldadura que se aplicará en las distintas zonas y las características de cada una de ellas.

2.1. Consideraciones previas

Para comenzar decir que la elección de uno u otro tipo de soldadura dependerá de diversos factores, los principales son:

- ▶ Las circunstancias en las que se realice la soldadura.
- ▶ Los requisitos del código que se use.
- ▶ Los aspectos económicos.

En el presente caso el primer factor no es determinante, ya que el depósito es lo bastante grande como para tener accesibilidad a todos los puntos. Además el depósito tiene boca de hombre, por lo que se tendrá fácil acceso al interior de este en caso de necesidad (por ejemplo para la soldadura de cierre).

Con respecto a las Normas, serán éstas las que indiquen el tipo de soldadura a aplicar en cada caso, las condiciones y limitaciones a las que está sometido cada tipo.

Por último decir que la economía es uno de los factores más importantes, ya que la soldadura representa uno de los mayores gastos de fabricación del depósito. Por ello se elegirá el tipo de soldadura más económica, siempre y cuando se cumpla con los requisitos establecidos de operación y seguridad.

Hay que tener en cuenta que el uso de soldadura de mala calidad implica usar placas de mayor espesor para el recipiente. Dado que en el presente caso las dimensiones del depósito son grandes, predominará el coste de placas frente al de soldadura, por lo que se escogerán soldaduras de mayor calidad.

2.2. Ubicación de las uniones soldadas

En función de donde se localicen las juntas soldadas en el recipiente, deberán cumplir una serie de requisitos relacionados con el servicio, el material, el espesor y otras condiciones de diseño. Pueden verse en la siguiente figura el tipo de soldadura en función de dónde se sitúe.

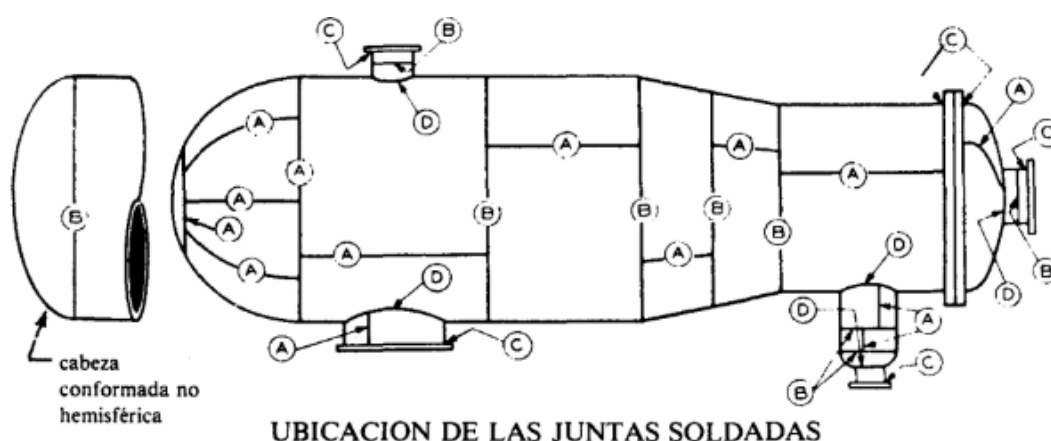


Figura I.3.2.1: Tipo de juntas soldadas en función su ubicación.

Cada tipo de soldadura lleva consigo una serie de requisitos que deben cumplirse, pueden verse en la figura 8.2 del anexo 7.

2.3. Condición de diseño

En función de la condición de diseño de cada caso se establecen una serie de indicaciones a seguir con respecto a: el tipo de soldadura, el examen radiográfico, la eficiencia de la junta y al tratamiento térmico necesario después de la soldadura.

En el caso objeto de estudio la condición de diseño será la número cuatro, para “recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas”, que se rigen por la Norma UW-2(a). Puede verse los requisitos que implica esta condición en la siguiente figura.

DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS (CONT.)				
CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
4. Recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas UW-2(a).	Las juntas A serán del tipo (1), UW-2(a)(1)(a).	Completo	1.0	Los recipientes fabricados de aceros al carbón o con bajo contenido de elementos de aleación deben tratarse térmicamente después de haberse soldado, UW-2(c).
	Las juntas B y C serán del tipo No. (1) o No. (2) UW-2(a)(1)(b).	Todas las juntas a tope en cascos y cabezas deben examinarse radiográficamente por completo, excepto los tubos de intercambiadores y los intercambiadores UW-2(a)(2), (3) y UW-11(a)(4)	1.0	
	Las juntas D llevarán soldadura de penetración total a través de todo el espesor de la pared del recipiente o la boquilla UW-2(a)(1)(c).		0.9*	
				* para usarse en cálculos de esfuerzo longitudinal (roblonado transversal).

Figura I.3.2.2: Condición de diseño Nº 4 para el diseño de juntas soldadas.

2.4. Examen radiográfico

Todas las uniones soldadas del depósito deben ser examinadas radiográficamente por completo. Ver figura I.3.2.2 dónde se muestran las condiciones de diseño para el diseño de recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas.

2.5. Tratamiento térmico

Después de haber sido soldado el depósito debe ser tratado térmicamente, ya que tanto los recipientes fabricados en acero al carbono como los que tienen bajo contenido en elementos de aleación (como el depósito objeto de estudio) deben ser tratados. Ver figura I.3.2.2, dónde se muestran las condiciones de diseño para el diseño de recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas.

3. SOLDADURA EN EL DEPÓSITO

3.1. Tipo de soldadura (I)

Para estudiar el tipo de soldadura en el cuerpo del depósito, se divide este en dos partes bien diferenciadas, la virola cilíndrica y las cabezas. Se estudia a continuación el tipo de soldadura que habrá que aplicar en cada caso en función de la ubicación de la misma.

3.1.1. Virola cilíndrica

En la virola cilíndrica se tendrán dos tipos de soldaduras en función de su ubicación:

- Tipo A: En las uniones longitudinales de cada elemento cilíndrico que forma la virola.
- Tipo B: En las uniones entre los distintos cilindros que forman la virola.

3.1.2. Cabezas

En las cabezas en cambio solo hay un tipo de soldadura, la de unión con la virola, ya que las cabezas son una única pieza.

- Tipo A: En la unión de la virola con la cabeza.

3.2. Tipo de soldadura (II)

La soldadura para las juntas de tipo A tendrán que ser de tipo 1 (ver figura I.3.2.2), que consisten en “juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies exterior e interior de la pieza (con o sin placa de respaldo)”.

El tipo de soldadura para las juntas de tipo B podrán ser de tipo 1 ó 2, (ver figura I.3.2.2), o como la apenas citada, o con “junta a tope con un solo cordón con tira de respaldo, que quedará en su lugar después de soldar”.

En el primer caso (tipo A) se toma la soldadura de tipo 1, ya que es la única opción. En el segundo caso (tipo B) se elige también la de tipo 1, ya que no lleva placa de respaldo y la eficiencia de junta será mayor. Por tanto se tendrá el mismo tipo de soldadura para todo el depósito. Este tipo de soldadura no tiene limitaciones en su uso.

Puede verse en la siguiente figura en qué consisten las soldaduras de tipo 1 y 2.



TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es:		
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p> <p>En juntas circunferenciales únicamente</p>	0.90	0.80	0.65

Figura I.3.2.3: Tipos 1 y 2 de juntas soldadas según la Norma UW-12.

3.3.Reducción de esfuerzos y eficiencia de junta

En función del tipo de unión, de dónde se sitúe y del nivel de radiografiado de las soldaduras, la soldadura será más o menos “fiable” o “eficaz”.

Existen dos parámetros que tienen en cuenta esto, son la eficiencia de junta y la reducción de esfuerzos. Se usan normalmente en el cálculo de espesores de las distintas partes del recipiente y se determinan mediante tablas en función de las condiciones que se den en cada caso (ver figura I.3.2.3).

Para el caso de estudio dónde la virola está soldada, la cabeza no tiene costuras y el radiografiado será total, se tiene que el esfuerzo permitido es del 100% tanto para la cabeza como para la virola, es decir, no existe reducción de esfuerzo. El dato ha sido tomado de la figura I.3.2.4.

Por otro lado la eficiencia de junta para la soldadura de tipo 1, tanto para las juntas de tipo A como para las de tipo B tomará un valor de uno, ya que el radiografiado de la pieza será total. Puede verse en la siguiente figura.

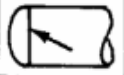
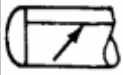
CASCO SOLDADO - CABEZA SIN COSTURA							
RADIOGRAFIA		CALCULOS DEL ESPESOR DE CABEZA		CALCULOS DEL ESPESOR DEL CASCO			
		ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL		ESFUERZO LONGITUDINAL			
		E.J.	Esfuerzo permitido, %	E.J.	Esfuerzo permitido, %	E.J.	Esfuerzo permitido, %
Completa	Completa	1.0	100	1.0/0.9	100	1.0/0.9	100
Parcial	Completa		85	↑ tipo (1)		↑ tipo (1)	
Por zonas	Completa			↑ tipo (2)		↑ tipo (2)	
No	Completa		100	↓ tipo (1)		↓ tipo (1)	
Completa	Por zonas			↓ tipo (2)		↓ tipo (2)	
Parcial	Por zonas		85	0.85/.80		.85/.80	
Por zonas	Por zonas			↑ tipo (1)		↑ tipo (1)	
No	Por zonas		100	↑ tipo (2)		↑ tipo (2)	
Completa	No			↓ tipo (1)		↓ tipo (1)	
Parcial	No		85	↓ tipo (2)		↓ tipo (2)	
Por zonas	No						
No	No		80	.70/.65		.70/.65	

Figura I.3.2.4: Reducción de esfuerzos en casco soldado y cabeza sin costura.

3.4. Espesores

En cuanto a espesores se refiere, para la unión entre las piezas que conforman la virola no existe ningún problema, ya que todas las piezas tienen el mismo espesor. En cambio, para la unión cabeza virola se tiene que los espesores son distintos.

Por un lado la virola tiene un espesor de 13/16 de pulgada, mientras que las cabezas tienen un espesor de 1 1/8 de pulgada. Por esta razón la placa más gruesa (la de las cabezas) deberá achaflanarse, ya que la diferencia de espesor entre ambas es mayor de 1/8 de pulgada. La longitud de este chaflán será de 15/16 de pulgada.

Para la realización correcta de la soldadura las placas deben colocarse a distinta altura con respecto a sus ejes centrales, esta diferencia tendrá un valor de 5/32 de pulgada.

La soldadura puede estar parcial o totalmente dentro de la sección achaflanada, o adyacente a esta. En este caso se situará al inicio del chaflán.

Pueden verse los cálculos realizados para la determinación de las dimensiones del chaflán en el anexo 5.

3.5.Preparación de bordes

La forma de los bordes a unir debe ser tal que permita lograr la fusión y penetración total del material de aporte. Se elegirán bordes en forma de “V”, ya que son mucho más económicos que los bordes en forma de “U” o “J”.

El ángulo de estos será de 45°, ya que aunque sea más complicado a la hora de la realización de la soldadura, evita problemas de soldadura y abarata los costes, ya que la cantidad de material a aportar es menor.

3.6. Acumulación de soldeo

Para asegurarse de que las ranuras se llenen completamente de soldadura, el metal de soldadura puede acumularse como refuerzo, sin exceder ciertos límites. Para este caso el espesor del metal acumulado será de 1/16 de pulgada, ya que el valor máximo permitido para placas desde ½ hasta 1” es de 1/8 de pulgada.

3.7.Especificación método de soldeo

Las placas a soldar se colocarán a una distancia de 2 a 4 mm unas de otras. En primer lugar se realizará una primera soldadura manual, de tipo SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Una vez realizada ésta se irán colocando varios cordones mediante soldadura automática, de tipo SAW (*Sumerged Arc Welding*), hasta conseguir rellenar completamente la “V” y formar un acumulo de refuerzo de aproximadamente 1/8 de pulgada.

Para las uniones de la virola con las cabezas el procedimiento será el mismo, pero habrá que tener en cuenta que habrá que realizar el chaflán en las cabezas (de 15/16 de pulgada) y que en la colocación de las placas, además de estar distanciadas como en el caso anterior (de 2 a 4 mm) tendrá que tener una desviación en el eje vertical con respecto al centro de las placas de 5/32 de pulgada.

3.8.Longitud de soldadura

La longitud de soldadura total en el cuerpo del depósito se calcula mediante la suma de todas las longitudes de las uniones soldadas. Obteniéndose un valor total de 2.155,84 pulgadas de soldadura a tope.

4. SOLDADURA EN ACCESORIOS

Los distintos accesorios o elementos del depósito se soldarán en el siguiente orden: primero se soldarán las silletas, seguido de la boca de hombre, las tubuladuras y por último las orejetas.

Se unirán al depósito mediante soldadura de filete continua. Se especifica a continuación en qué consiste este tipo de soldadura y las indicaciones generales para realizarla.

4.1. Soldadura de filete

Es una soldadura de sección transversal, aproximadamente triangular que une dos superficies situadas aproximadamente a 90° una de otra.

El hecho de que la soldadura sea continua lo que implica es que se haga a lo largo de toda la unión, no de forma intermitente.

Las indicaciones para realizar la soldadura de filete son las siguientes:



Figura I.3.2.5:
Soldadura de filete.

- Utilice el tamaño mínimo requerido de soldadura de filete para la resistencia deseada. Al aumentar el tamaño de una soldadura de filete, aumentan el volumen y el costo en proporción al cuadrado del tamaño.

Tabla I.3.2.1:

Tamaño mínimo de soldadura en función del espesor de la placa más gruesa.

Espesor de la placa más gruesa (in)	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	2- $\frac{1}{4}$	6	6
Tamaño mín. de soldadura (in)	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$

- Coloque la soldadura de manera que se evite excentricidad, sea fácilmente accesible y pueda soldarse hacia abajo.
- Aplique la soldadura de filete transversalmente a la fuerza para lograr mayor resistencia.

4.2. Silletas

Para poder soldar las silletas al depósito primero habrá que soldar a este las placas de respaldo.

La placa de respaldo (de espesor $\frac{1}{2}$ de pulgada) se soldará al depósito mediante soldadura de tipo filete continua. El espesor de la soldadura será de $\frac{3}{8}$ de pulgada, ya que es el valor mínimo recomendado teniendo en cuenta el espesor de la placa más gruesa, que será la virola (de espesor $\frac{13}{16}$ de pulgada). Ver tabla I.3.2.1.

En cuanto a la unión de la silleta con el depósito (a través de la placa de respaldo) se hará también mediante soldadura de tipo filete continua. El espesor de la soldadura será de $\frac{1}{2}$ de pulgada, ya que es el valor recomendado en la tabla 7.10 del anexo 7.

Si tomase como referencia la tabla I.3.2.1, el valor del tamaño de la soldadura sería menor, por ello tomamos como espesor $\frac{1}{2}$ de pulgada, ya que es el mayor de los dos.

4.3. Boca de hombre

El estudio de la boca de hombre se hará junto con el de las tubuladuras ya que habrá que aplicarle el mismo tipo de soldadura que a éstas. Se verá en el siguiente apartado.

4.4. Tubuladuras

Todas las tubuladuras que se colocarán en el depósito objeto de estudio están formadas por un cuello y una brida soldable, por lo que lo primero que habrá que hacer es unir estas partes mediante soldadura. Después se unirán las tubuladuras ya conformadas al depósito, también mediante soldadura.

Algunas de las tubuladuras llevarán parche de refuerzo, por lo que posteriormente a la unión con el depósito habrá que soldar también este elemento.

Se analizarán a continuación cada una de las soldaduras, identificando el tipo y el tamaño de la misma.

4.4.1. Unión del cuello con la brida soldable

Como se ha dicho anteriormente todas las tubuladuras que se colocarán en el depósito están formadas por un cuello (tubo de longitud conocida) y una brida soldable, que se unirán mediante soldadura. Ver imagen A de la figura I.3.2.6.

Según su ubicación el tipo de unión a realizar entre estos dos elementos será de tipo C (ver figura I.3.2.1), lo que dará la posibilidad de hacer soldaduras de tipo 1 y 2 (ver figura I.3.2.2).

De entre ambas dos se elegirá la soldadura tipo 1 (juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre la superficie exterior e interior de la pieza, con o sin placa de respaldo). Se escoge este tipo de soldadura ya que es la que reúne mejores condiciones (no lleva placa de respaldo obligatoria y la eficiencia de junta será mayor). Ver figura I.3.2.3.

4.4.2. Unión de las tubuladuras con el depósito

Según la ubicación, el tipo de soldadura que habrá que aplicar para la unión de las tubuladuras con el depósito será de tipo D (ver figura I.3.2.1), es decir, soldadura de penetración total a lo largo de todo el espesor del recipiente o de la tubuladura.

Algunas de las tubuladuras no llevarán parche de refuerzo, mientras que para otras si será necesario colocarlo. Se estudian a continuación ambos casos.

4.4.2.1. Sin parche de refuerzo

Las tubuladuras A, B, C, D, E, G, H, I, J, K y L serán soldadas al depósito sin parche de refuerzo, ya que debido a sus dimensiones no lo necesitan. Ver apartado 7.2 “tubuladuras” del anexo 1 “Diseño del depósito”.

Se empleará soldadura de filete a lo largo de todas las uniones entre las tubuladuras y el depósito. El tipo de soldadura que se realizará es la tipo B, puede verse en la siguiente figura en qué consiste dicho tipo de soldadura.

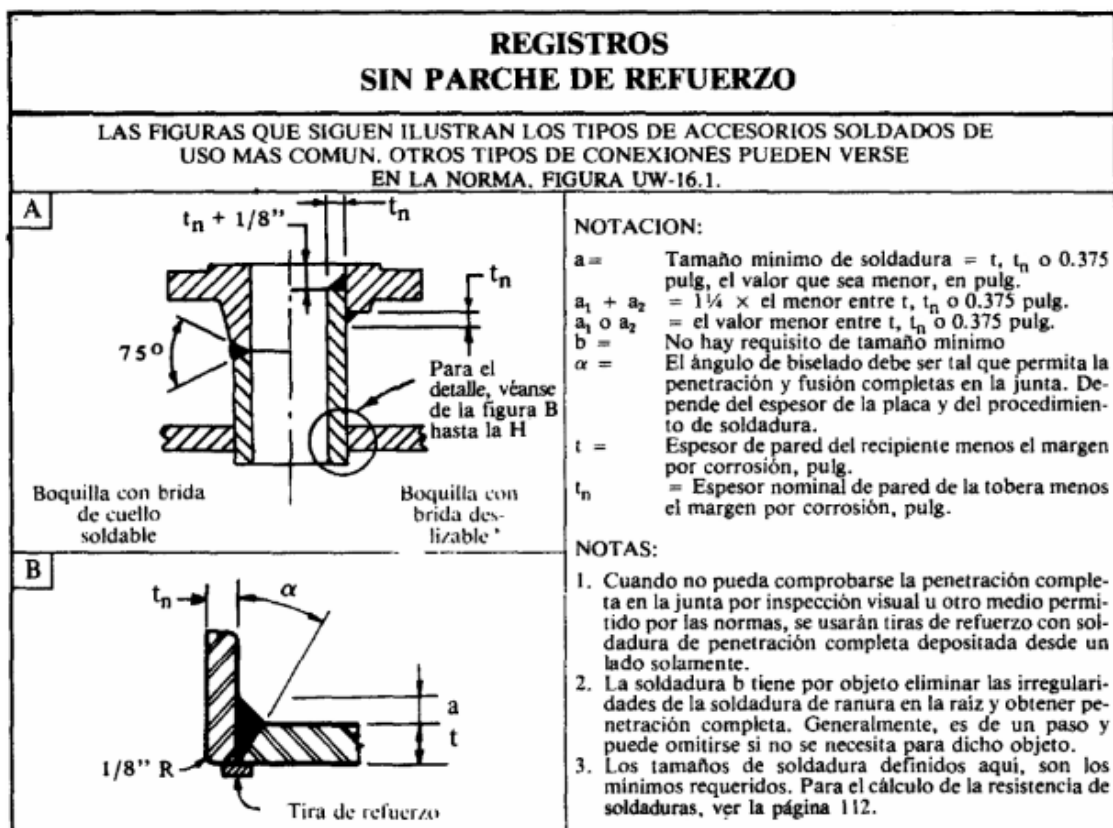


Figura I.3.2.6: Soldadura de tubuladura (con brida de cuello soldable) sin parche de refuerzo.

Se tendrá el mismo tamaño de soldadura para todas las uniones, debido a que el espesor de la placa más gruesa de unión (la virola) es el mismo en todos los casos (13/16 de pulgada). El tamaño de la soldadura será 3/8 de pulgada, que es el valor mínimo recomendado según la tabla I.3.2.1. Una vez realizada la soldadura habrá que eliminar la tira de refuerzo.

4.4.2.2. Con parche de refuerzo

Las tubuladuras F y M serán soldadas al depósito con parche de refuerzo, ya que debido a sus dimensiones lo necesitan. Ver apartado 7.2.3. "Refuerzo en registros" del anexo 1 "Diseño del depósito".

La unión tanto de la tubuladura con el depósito como del parche de refuerzo se hará mediante soldadura de filete de *tipo B*, puede verse en la siguiente figura la especificación de este tipo de soldadura.

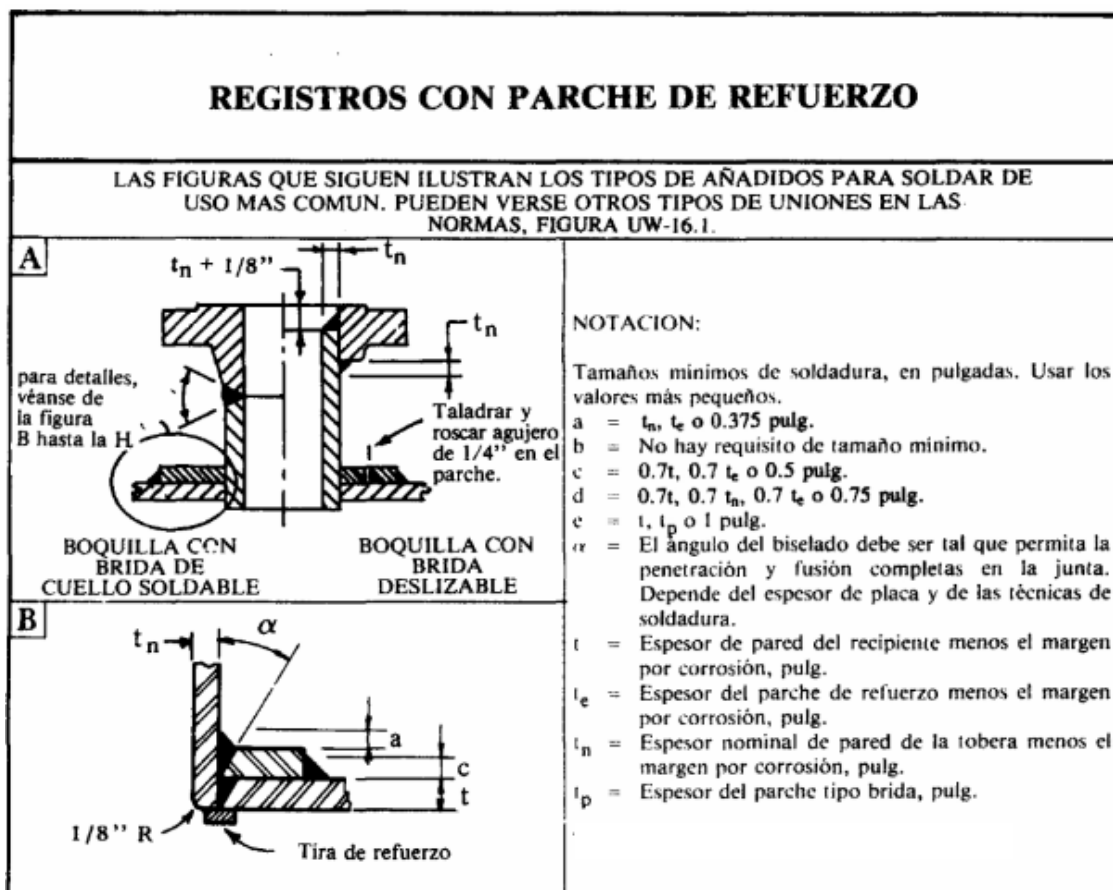


Figura I.2.7: Soldadura de tubuladura (con brida de cuello soldable) con parche de refuerzo.

El tamaño de soldadura al igual que en el caso anterior será el mismo para todas las dos uniones, debido a que el espesor de la placa más gruesa (la virola) es el mismo en ambos casos (13/16 de pulgada). El tamaño de la soldadura será 3/8 de pulgada, que es el valor mínimo recomendado según la tabla I.3.2.1. Una vez realizada la soldadura habrá que eliminar la tira de refuerzo.

4.5. Orejetas

Para soldar las orejetas habrá que soldar primero las placas de respaldo al depósito. Seguidamente se soldarán a éstas las orejetas. Tanto las placas de respaldo como las orejetas se soldarán mediante soldadura de filete continua.

El tamaño de soldadura de filete requerido será de 3/8 de pulgada para la unión de la placa con el depósito, mientras que para la unión de la orejeta con la placa será de 5/16 de pulgada. Para la elección de estos valores se ha tomado como referencia la tabla I.3.2.1.

3.3. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

1. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN EL DEPÓSITO

Para comenzar se define el concepto de corrosión, que es la destrucción gradual de un metal o aleación debida a procesos químicos como la oxidación o la acción de un agente químico.

La corrosión es un proceso que afecta en mayor o menor medida a todos los metales, por tanto hay que tenerlo en cuenta a la hora tanto del diseño del diseño de recipientes como del de la red de tuberías, sobre todo cuando contienen fluidos corrosivos.

Las medidas que se pueden llevar a cabo para la protección de cualquier recipiente contra la corrosión son las siguientes:

1. Elección de un material resistente al ambiente al que esté sometido el recipiente y al fluido que contiene.
2. Añadiendo un espesor adicional al espesor calculado por las formulas (espesor mínimo para soportar los esfuerzos a los que está sometido el recipiente) conocido como “Margen de corrosión”.
3. Con acabados y recubrimientos que ofrezcan mayor resistencia a la corrosión.
4. Colocando un sistema de protección activa, llamado sistema de protección catódica que proteja al depósito de la corrosión.

1.1. Elección del material del depósito

Lo primero que se debe hacer para evitar la corrosión del depósito es elegir un material resistente al fluido que contiene. Para el depósito objeto de estudio el material escogido es el acero SA 515-70, pueden verse la justificación de la elección de este material en el punto 3 “Selección del acero” del apartado 3.2 “Material para el depósito”.

Una mala elección del material de construcción del depósito podría causar serios problemas derivados de la corrosión, como los siguientes:

- Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente a la sustancia que contiene puede corroerse en un tiempo menor al tiempo de servicio, por lo que habrá que sustituirlo.

- ▶ **Sobrediseño en las dimensiones.** Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando alto margen para la corrosión. Esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pesados y más costosos. Al encarecer el diseño aumentarían los costes en material.
- ▶ **Exceso de mantenimiento.** Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario aplicar pinturas protectoras. En el caso de que el material escogido no fuera el adecuado, habría que usar pinturas protectoras que ofrezcan mayor protección y pintarlos con mayor frecuencia, lo que aumentaría mucho los costes de fabricación y mantenimiento del equipo.
- ▶ **Paros debido a la corrosión de equipos.** Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación para sustituirlo, lo cual implica paros en la producción y pérdidas económicas.
- ▶ **Contaminación o pérdida del producto.** La mayoría de las veces los productos de la corrosión contaminan la sustancia que contiene el recipiente, por lo que habría que desechar dicha sustancia. Otras veces se llegan a crear perforaciones en las paredes metálicas del recipiente, produciéndose fugas de la sustancia que contiene. En estos casos, además de la pérdida de la sustancia, se genera un riesgo derivado del derrame de la misma.

1.2. Margen de corrosión

Todo recipiente o parte del mismo que esté sujeto a corrosión, erosión o abrasión mecánica, deben tener un margen en el espesor para lograr la vida deseada. Este margen adicional se consigue aumentando el espesor del material respecto al determinado mediante las fórmulas de diseño, es lo que se llama “margen de corrosión”.

El margen de corrosión se elige generalmente en función del ambiente en el cual se encuentra el recipiente, del fluido que contiene y del tiempo de vida estimado para el recipiente. Aunque existen casos donde se requiere un valor mínimo para el margen de corrosión.

Las normas solo prescriben la magnitud del margen de corrosión en recipientes con espesor mínimo requerido menor de 0,25 pulgadas que han

de utilizarse para servicio de vapor de agua, agua o aire comprimido, para los cuales se indica un valor no menor de la sexta parte del espesor de placa calculado.

Para otros recipientes en los que sea predecible el desgaste por corrosión, la vida esperada del recipiente será la que determine el margen, y si el efecto de la corrosión es indeterminado, el margen lo definirá el diseñador.

La vida deseada de un recipiente es una cuestión económica. Los recipientes principales (como el presente caso) se diseñan generalmente para una larga vida de servicio (15 a 20 años), mientras que los secundarios o menores para periodos más cortos (8 a 10 años).

No es necesario aplicar el mismo grado de corrosión a todas las partes de recipiente si se esperan diferentes grados de ataque para las distintas partes.

Para la elección del valor del margen de corrosión del depósito se tendrán en cuenta todos los factores pertinentes. Además se dotará al depósito de las aberturas indicadas en la normativa de corrosión.

Puede verse toda la información relativa a la elección del valor del margen de corrosión y de las aberturas indicadas en la normativa de corrosión en el apartado 5.2 “Margen de corrosión” del anexo 1 “Diseño del depósito”.

1.3.Acabado y pintura

El objeto principal de la pintura es la conservación de las superficies de acero. La pintura retarda la corrosión, evitando el contacto de los agentes corrosivos con la superficie del recipiente y por su acción inhibidora, de la oxidación debida a las propiedades electromagnéticas del material de la pintura. Las pinturas deben ser adecuadas para resistir los efectos del medio, el calor, el impacto, la abrasión, y la acción de las sustancias químicas.

La selección de pinturas y la preparación de superficies que van más allá de los aspectos técnicos, se convierte en un problema de economía. El coste de la pintura está normalmente entre el 25 y 30 por ciento del costo que representa pintar una estructura, de donde se deriva la ventaja de utilizar pintura de alta calidad. El 60 por ciento o más del costo total de un trabajo de pintura corresponde a la preparación de la superficie.

En función de las condiciones de servicio a las que se vaya a someter al recipiente a pintar se necesitará:

- ▶ Preparación de la superficie.
- ▶ Aplicar o no un pre tratamiento al material.
- ▶ Seleccionar el tipo de pintura, definiendo el numero de capas y el espesor de las mismas.
- ▶ Aplicar o no algún tipo de acabado.

Se hará uso de las tablas de las figuras 10.6 y 10.7 del anexo 10 como guía para seleccionar la apropiada de preparación de la superficie, el pre tratamiento, las manos de pintura a aplicar y espesor de las mismas.

1.3.1. Preparación de la superficie

El requisito principal para pintar con éxito una superficie es el desprendimiento de las escamas de laminación, la herrumbre, suciedad, grasa, aceite y la materia extraña. La escama de laminación es una capa gruesa de óxido de hierro de color gris azulado que se forma sobre el acero estructural al terminar la operación de laminado en caliente. Si la escama de laminación está intacta se adhiere perfectamente al metal, le proporciona protección; sin embargo debido al laminado y al apilamiento de las placas, es raro encontrar en la práctica una escama de laminación completamente intacta. Por lo que habrá que eliminarla.

Para ello se hará una preparación de la superficie de tipo: “limpieza comercial con chorro a presión”, que consiste en una eliminación completa de las escamas de laminación, herrumbre, escamas de oxidación, pintura o materia extraña, excepto las sombras, rayaduras o decoloraciones ligeras ocasionadas por la oxidación, el manchado, los óxidos de escamas de laminación y los residuos de pintura que puedan quedar.

1.3.2. Pretratamiento de la superficie

No se requiere pre tratamiento alguno para la superficie.

1.3.3. Pintura y aplicación

Para el depósito objeto de estudio el tipo de pintura escogida será una pintura anticorrosión de tipo epoxi, especial para eliminar la corrosión en depósitos para el almacenamiento de combustibles.

Se necesitarán 3 manos de pintura: la primera con un espesor de 15-18 milésimas, la segunda de 25 milésimas y la última de 8-15 milésimas; obteniéndose un espesor total de 35 milésimas.

1.3.4. Acabado

Para finalizar con la protección exterior del depósito se aplicará un acabado en negro, de obligado cumplimiento para depósitos subterráneos contentes de GPL, según la *Norma UNE 60250*.

Resumiendo, el depósito tendrá una triple protección exterior contra la corrosión: En primer lugar la preparación de la superficie mediante una “limpieza comercial con chorro a presión”, después se le aplicará una imprimación de pintura anticorrosión de tipo epoxi y finalmente se le dará un acabado en negro.

1.4. SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

1.4.1. Introducción

Consiste en conectar el metal a proteger (depósito) a otro metal (ánodo de sacrificio) para que sea éste el que sufra la corrosión. El funcionamiento del sistema de protección catódica se basa en la generación de una corriente eléctrica continua en sentido inverso a la que originaria de forma natural (galvánica). De esta forma la corriente circula a través del electrolito (terreno) desde el depósito (elemento a proteger) que hace la función de cátodo, unido mediante un cable aislado a la pica de sacrificio, que hace la función de ánodo.

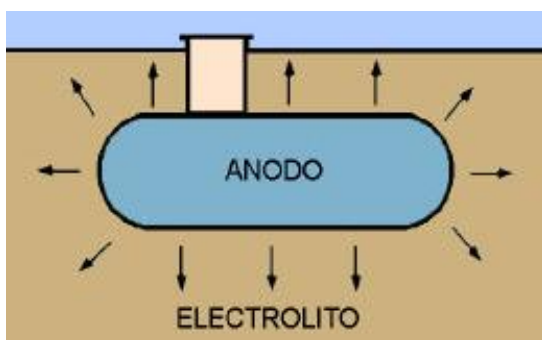


Figura I.3.3.1: Depósito sin sistema de protección catódica, actuando como ánodo.

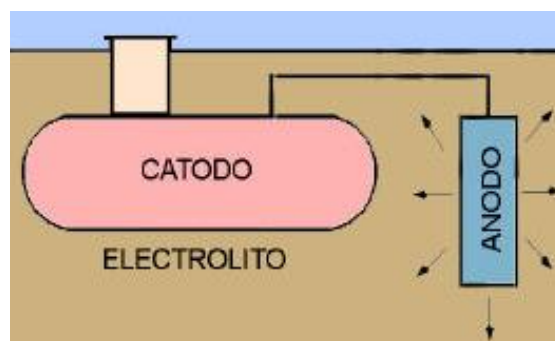


Figura I.3.3.2: Depósito con sistema de protección catódica, actuando como cátodo.

Cuando se polariza la superficie del depósito se dirigirá toda la corrosión a los ánodos de sacrificio. Éstos sufrirán la corrosión, por lo tanto se irán consumiendo, por lo que deberán ser remplazados cada cierto tiempo para que el depósito se mantenga protegido (normalmente se cambian cada 10 años, dependiendo del caso).

1.4.2. Ánodos de sacrificio

Los ánodos de sacrificio son los elementos básicos del sistema de protección catódica. Se fabrican de distintos materiales, tamaños y formas en función de su uso.

Existen normas donde se recogen límites para las composiciones de los materiales de los ánodos, mientras que las dimensiones y formas dependerán del fabricante.

1.4.2.1. Características fundamentales

Desde el punto de vista técnico y económico, un ánodo tiene que cumplir una serie de requisitos esenciales, que son los siguientes:

- Tener un potencial de disolución lo suficientemente negativo para polarizar la estructura (en el caso del acero - 0,85 V).
- El material debe tener un elevado rendimiento eléctrico en A/h·kg.
- El ánodo deberá corroerse uniformemente.
- El metal será de fácil adquisición y deberá poder fundirse en diferentes formas y tamaños.
- El metal deberá tener un costo razonable, de modo que unido con otras características electroquímicas se pueda conseguir la protección a un costo razonable por amperio/año.

1.4.2.2. Ubicación

Los ánodos pueden instalarse en el interior o en el exterior del cubeto de protección que contiene al depósito. Normalmente se colocan en el interior del mismo, excepto en el caso en el que no se tenga el espacio suficiente. Pueden verse ambas posibilidades en las siguientes figuras.

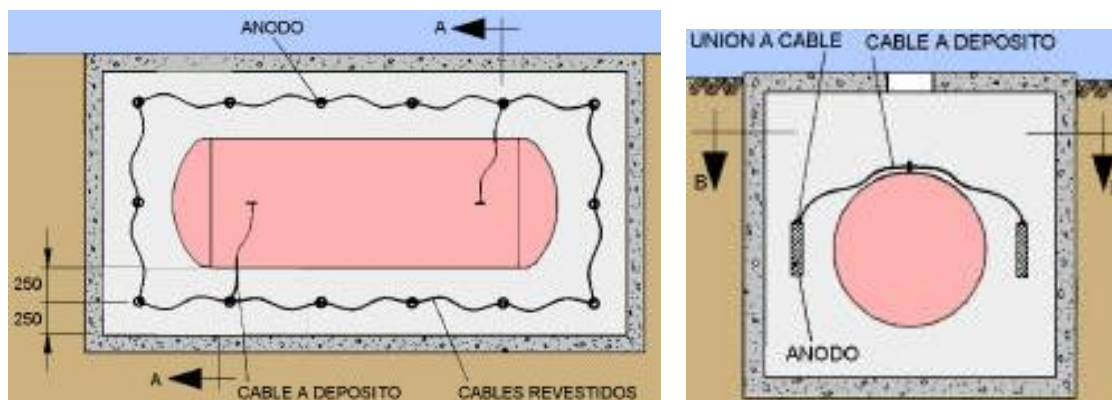


Figura I.3.3.3: Instalación de los ánodos dentro del cubeto del depósito.

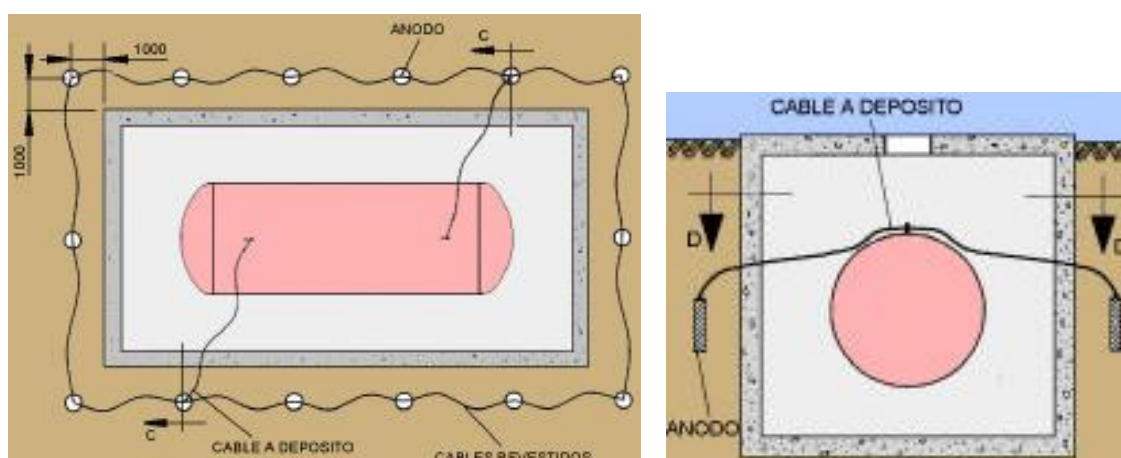


Figura I.3.3.4: Instalación de los ánodos fuera del cubeto del depósito.

En el caso de estudio se colocarán dentro del cubeto, dado que las dimensiones del cubeto no serán un inconveniente, pues el cubeto se diseñará en función de las necesidades del sistema.

La ventaja de colocar los ánodos en el interior del cubeto es que la composición del terreno que rodea al depósito es conocida y homogénea (arena de río lavada).

Si por el contrario se colocasen fuera del cubeto, no se conocería la composición del terreno y ésta no sería homogénea. Esto provocaría la formación de pilas de corrosión entre las distintas partes del terreno, lo que generaría el deterioro los ánodos.

1.4.3. Corrosión en tanques enterrados

Los depósitos de GPL enterrados tienen normalmente un buen revestimiento (pintura anticorrosiva) y están cubiertos por arena de alta resistividad (arena de río lavada o de canteras).

Para que se produzca corrosión en estos, el acero tiene que estar en contacto con un electrólito, es decir el revestimiento o la pintura que cubre el depósito debe tener algún defecto. Además si se produjera dicho contacto sería con un medio poco o muy poco agresivo (como es la arena de río lavada), por lo que el peligro de corrosión es muy bajo. Así pues, en estas condiciones es difícil que se den problemas de corrosión.

En el caso de depósitos de GPL enterrados, como van instalados dentro de un cubeto de hormigón relleno con arena de río lavada, se topan con una resistencia elevada del medio y, por falta de espacio, con los ánodos próximos al depósito. En este medio tan resistivo, la salida de corriente de los ánodos de sacrificio, incluso si es de magnesio, es muy pequeña. Por tanto, hay que colocar muchos ánodos de poco peso, para hacer un buen reparto de corriente, pues es la corriente que suministran es muy pequeña.

1.4.4. Diseño del sistema de protección catódica

Para el diseño del sistema de protección catódica se deben definir los siguientes aspectos:

- ▶ Selección del ánodo a utilizar: material, tipo y características. Se hará de acuerdo a la resistividad del electrólito, costo, disponibilidad, eficiencia del ánodo y vida útil deseada.
- ▶ Selección de la configuración de los ánodos y del potencial de protección. Se hará en base al elemento a proteger y al medio que lo rodea.
- ▶ Seguridad de funcionamiento.

Se desarrollan a continuación cada uno de los puntos.

1.4.4.1. Selección del ánodo

■ Material del ánodo

Los materiales más empleados para la fabricación de ánodos de sacrificio son las aleaciones de zinc, el magnesio y el aluminio. En la siguiente tabla se pueden ver los materiales recomendados para el ánodo en función del medio en el que se encuentren sumergidos.

Tabla I.3.3.1:
Material anódico para los distintos medios corrosivos.

MEDIO CORROSIVO	MATERIAL ANÓDICO
Suelos	Cinc (hasta $1500\Omega\cdot\text{cm}$)- Magnesio
Agua dulce	Magnesio
Agua salada	Aluminio

En el presente caso, dadas las condiciones de alta resistividad del medio, se escogerá como material para ellos el magnesio, ya que es el que tiene el potencial de circulación más alto. Es el material que suele utilizarse para proteger catódicamente el acero en electrolitos de mayor resistividad, ya que el aluminio y el zinc resultan antieconómicos.

Las aleaciones de magnesio se dividen en dos tipos: la estándar, que tiene un potencial en circuito abierto de $-1,55\text{ V/ Cu/CuSO}_4$ (electrodo de referencia de cobre sulfato de cobre saturado), y la de alto potencial: $-1,70\text{ V /Cu/CuSO}_4$. La diferencia más importante entre las dos aleaciones se debe a su composición. La primera contiene aproximadamente un 6 % de Aluminio, un 3 % de Zinc, una muy pequeña cantidad de Manganeso (entre el 0,15 y el 0,3 % normalmente) y el resto es Magnesio e impurezas con unos límites muy estrictos. Por otro lado, la de alto potencial permite un máximo de 0,01 % de Aluminio, no contiene Zinc, y permite una mayor cantidad de Manganeso (del 0,5 al 1,3 %). El resto es Magnesio, Cobre, Hierro y Níquel, con unos límites aún más estrictos que en el caso anterior, y no consintiendo la presencia de metales como el Plomo, el Silicio y otras impurezas.

Las condiciones para el uso de una u otra son las siguientes:

- Para una duración mínima de los ánodos de 12 a 15 años se recomienda el uso de ánodos de aleación de alto potencial, ya que al tener un mayor potencial daría mayor salida de corriente, por que necesitará menor cantidad de ánodos.

- ▶ Para suelos con resistividades altas, a partir de 4.000- 5.000 $\Omega \cdot \text{cm}$, se recomienda siempre el de alto potencial.

Dado que en el caso objeto de estudio se dan ambas situaciones, se usará la aleación de magnesio de alto potencial.

■ Tipo de ánodo

Existen dos tipos de ánodos, desnudos o preempaquetados, se usa uno u otro en función del medio y del elemento a proteger.

Los ánodos desnudos se instalan suelos homogéneos y con resistividades muy bajas, si no se pasivan en muy poco tiempo y de forma desigual, por lo que su potencial y su salida de corriente se reducirían muchísimo, no realizando así la función para la que se instalan. Normalmente se establece como criterio para su uso un suelo homogéneo con una resistividad inferior a 2.000 $\Omega \cdot \text{cm}$.

Para el resto de los casos se aconseja el uso de ánodos preempaquetados. Vienen suministrados dentro de un saco de algodón puro o tela retor, con un relleno de mezcla activadora para mantenerlos activos, es decir para evitar o retrasar su pasivación.

Como en el caso objeto de estudio la resistividad del terreno es muy alta, se usarán ánodos preempaquetados.

■ Mezcla activadora

La composición de la mezcla activadora varía en función del fabricante, en este caso estará compuesta por un 75% yeso hidratado, un 20% de bentonita disódica y un 5 % de sulfato sódico. La mezcla tiene una resistividad baja (150-200 $\Omega \cdot \text{cm}$) lo que reduce la resistencia de contacto del ánodo con el suelo, además de hacer que la salida de corriente sea homogénea para todo el ánodo.

La mezcla activadora también es higroscópica, con lo que retiene la humedad del suelo de donde está enterrado el ánodo y ayuda a que el contacto eléctrico sea bueno.

El ánodo va unido a un cable que sobresaldrá del saco, que será a través del cual se conecte con el resto de los ánodos. El cable estará protegido con resinas aislantes, para que no se produzca corrosión en ellos.

■ Características de los ánodos

En el mercado existen actualmente una gran variedad de ánodos estandarizados de distintos tamaños, pesos y formas. Además los fabricantes de hoy día ofrecen la posibilidad de hacer ánodos de sacrificios con las características deseadas por el comprador.

Se tomarán ánodos con peso, dimensiones y forma ya existentes en el mercado, así será más económico y será más fácil encontrar un recambio. El modelo de ánodo escogido es el “9D3” de la casa comercial “*Tecnomag*”.

Se analizan a continuación cada una de las razones que han llevado a la elección de este modelo de ánodo.

- ▶ Forma: se tomará la forma más simple y común, que es cilíndrica.
- ▶ Tamaño: habrá que tomar un modelo con relativamente poco peso, para colocar un número elevado de ánodos y que pueda repartirse bien la carga entorno al depósito. Por otro lado los ánodos deben ser lo suficientemente grandes para cubrir las necesidades sin tener que poner un número excesivo de ellos.
- ▶ Dimensiones: se buscaban ánodos cilíndricos alargados, así abarcarán mayor superficie del depósito en vertical, repartándose mejor la carga.

Las dimensiones del modelo escogido “9D3” pueden verse en la siguiente tabla:

Tabla I.3.3.2:
Características del ánodo modelo 9D3.

ÁNODO MODELO 9D3	
Peso desnudo	9lb = 4,08 kg
Peso empacado	27lb = 12,25 kg
A	3 ½" = 8,89 cm
B	3 ½" = 8,89 cm
C	13 ½" = 34,29 cm
D	6 ½" = 16,51 cm
E	19" = 48,26 cm

Pueden verse las correspondencias a las dimensiones de la tabla en la siguiente figura.

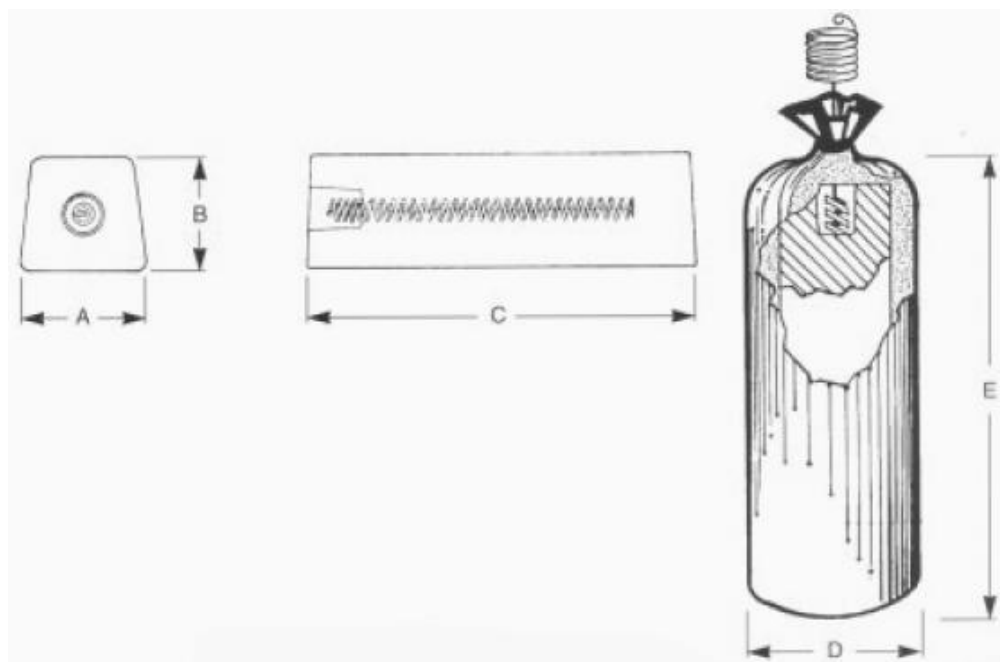


Figura I.3.3.5: Identificación de parámetros para las dimensiones del ánodo.

Las características específicas de este modelo se encuentran recogidas en anexo 10, dónde se encuentra ficha técnica del fabricante.

1.4.4.2. Configuración de los ánodos y potencial de protección

■ Configuración de los ánodos

Como se ha dicho anteriormente la configuración idónea para el sistema de protección catódica será la colocación de muchos ánodos de poco peso rodeando el depósito. Se colocarán equidistantes unos de otros y situados a la mayor distancia posible del depósito (dentro de lo que permita la cubeta de hormigón donde irá instalado). El punto medio del ánodo ha de coincidir con el eje longitudinal del depósito.

El número y el tamaño de ánodos de sacrificio que se colocarán pueden verse en el apartado 1.4.5 de este capítulo. Mientras que la ubicación exacta de los mismos está reflejada en el plano N° 9.

■ Potencial de protección o de inmunidad

El potencial llamado de protección o de inmunidad es el potencial a partir del cual la estructura o el elemento se considera protegido. Para el acero toma un valor de - 850 mV respecto al electrodo de Cu/CuSO_4 .

Este valor puede variar en función de la temperatura y del medio, lo hace del siguiente modo:

- ▶ Cuanto mayor sea la temperatura más negativo tendrá que ser el potencial de polarización.
- ▶ Cuando el suelo es muy poco agresivo (con resistividades altas), se pueden admitir que la protección se da a potenciales menores.

Dado que la temperatura es relativamente alta y el suelo es muy poco agresivo, se tomará el valor estándar de - 0,85V.

1.4.4.3. Seguridad de funcionamiento

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de protección catódica se empleará un factor de seguridad de 1,4 (ver el anexo 4).

Una vez instalado el sistema de protección catódica se realizarán las mediciones oportunas para comprobar si potencial de protección tomado inicialmente se corresponde con la realidad. Se especificarán también las revisiones necesarias (en qué consisten y cada cuanto tiempo hay que realizarlas) para llevar a cabo un correcto mantenimiento del sistema de protección catódica durante el tiempo de vida del depósito.

1.4.5. Instalación

Se instalarán 10 ánodos de magnesio de tipo “9D3” alrededor del depósito. Se colocarán a igual distancia unos de otros, aproximadamente a 3,25 m (puede verse en el plano Nº 9), separados del depósito una distancia de 1 m (lo recomendable es de 1 a 1,5 m). En cuanto a la profundidad, el punto medio del ánodo de sacrificio debe coincidir con el del depósito, por tanto se instalarán a una profundidad de 1.784 mm midiendo desde la superficie al extremo más profundo del ánodo, o de 1,302 mm midiendo desde la superficie al extremo más cercano a la superficie (ver plano Nº 9).

Los ánodos se suministran en una bolsa de algodón (con su correspondiente mezcla activadora en el interior) con un cable estándar de 3 metros de largo de cobre de 25 mm², que será conectado al alma del ánodo y aislados mediante un compuesto bituminoso. Visto que la longitud estándar del cable es menor que la distancia existente entre los ánodos, se pedirá al fabricante que suministre los ánodos con una longitud de cable de 6 metros.

Los cables se unirán unos con otros formando un rectángulo alrededor del depósito; luego se conectarán dos de ellos al depósito para cerrar el circuito. Esta conexión se hará mediante un cable de las mismas características que el anterior que será suministrado por el fabricante.

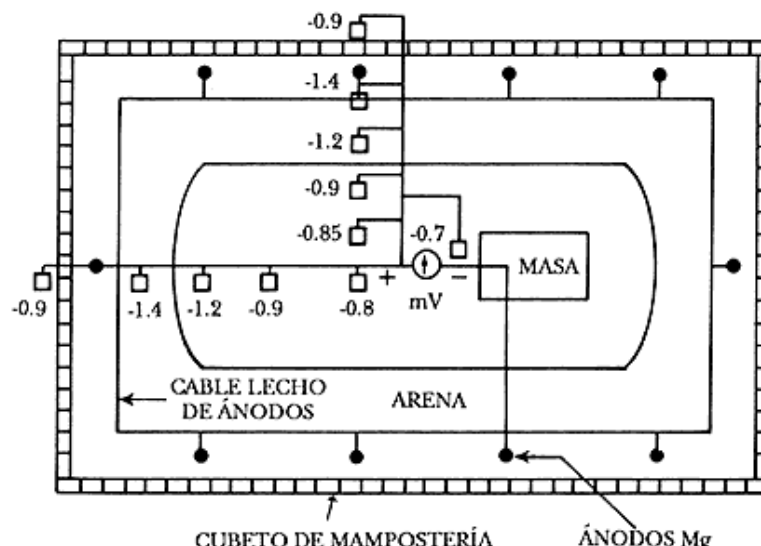


Figura I.3.3.6: Disposición de los ánodos alrededor del depósito. Variación del potencial en función de la distancia al centro del depósito.

1.4.6. Normativa de medición y control de la protección catódica

La reglamentación vigente establece que los depósitos y las canalizaciones de acero enterradas deberán estar provistas de un potencial entre el cuerpo a proteger y el suelo no superior a -850 mV, medido respecto a un electrodo de referencia de Cu/CuSO_4 . Cuando haya riesgo de que existan bacterias sulfatoredutoras, el potencial de será de -950 mV.

El control de la protección catódica se realizará anualmente. Para llevarlo a cabo se revisará el sistema de protección catódica del siguiente modo:

- ▶ Se comprobará que hay una junta aislante entre la instalación aérea y la enterrada.
- ▶ Se conectará el polo positivo de un milivoltímetro que tenga una resistencia mínima de $0,1 \text{ M}\Omega$ a un electrodo de referencia y el polo negativo al depósito en una parte limpia de pintura y de óxido. Se realizarán varias mediciones moviendo el electrodo de referencia a unos puntos previamente humedecidos. El valor obtenido tendrá que estar entre -850 mV y -2 V. Si no se consigue, habrá que aumentar el número de ánodos o elevar la intensidad del rectificador.

2. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN TUBERÍAS

Las tuberías al igual que el depósito estarán sometidas a corrosión, por lo que habrá que protegerlas. La protección empleada será distinta en función de si la tubería es aérea o enterrada, se muestran ambos casos:

2.1. Tuberías aéreas

Las tuberías o tramos de tubería aéreos quedarán protegidas contra la corrosión aplicándoles una capa de imprimación tipo minio (tetraóxido de plomo) o similar. Antes, se limpiarán, dejándolas libres de suciedad, cascarilla, oxido, etc. (pudiendo utilizar para ello chorros de arena, radicales eléctricos o cepillado manual).

Una vez que se haya secado la capa de minio, se aplicará una capa de pintura de esmalte de color rojo para las tuberías de GLP en fase líquida y amarillo para las de fase gaseosa (ver apartado 3.4 “Red de tuberías” para mayor información sobre la señalización de tuberías).

2.2. Tuberías enterradas

Para evitar problemas de corrosión en las tuberías de acero enterradas se procederá al encintado de las mismas, de manera que queden aisladas.

El encintado se realizará del siguiente modo:

1. Se limpiará la tubería de modo que la cinta se pueda adherirse perfectamente a la misma.
2. Se colocará la cinta alrededor del tubo, solapando el 50 % de la capa anterior. La cinta tiene dos capas, una adherente al caucho butílico (se fundirá con la capa exterior del encintado anterior) y otra capa exterior de polietileno (que será solapada con la próxima capa).

El encintado se realizará manualmente, de forma que la cinta quede en tensión, el solape sea uniforme y no se produzcan ni pliegues ni arrugas. Ver la figura I.3.3.7.



Figura I.3.3.7: Encintado manual de tuberías enterradas.

3. Finalizado el encintado anticorrosivo, se pasará un detector de poros (chispómetro) sobre el revestimiento con el fin de determinar los puntos débiles, que se tendrán que reforzar añadiendo cinta sobre el tramo en cuestión.

3.4. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

1. INTRODUCCIÓN

En el depósito objeto de estudio se deben instalar una serie de válvulas e instrumentos de medida para poder llevar a cabo el correcto control y seguimiento de las distintas operaciones que se realizan en el sistema.

Algunos de estos elementos son de obligatoria instalación para poder cumplir con la normativa actual (*Norma UNE 60630*); mientras que otros, aunque no son de obligatoria instalación, se colocarán para poder obtener un funcionamiento correcto, completo y seguro de la instalación.

A continuación se enunciará el fragmento de la normativa donde se indican los elementos de instalación obligatoria. Posteriormente se describirán uno a uno los elementos que se instalarán definitivamente en el sistema, definiendo su función, su ubicación y sus características principales.

2. NORMATIVA

Los depósitos de almacenamiento de GPL necesitan una serie de elementos que, incorporados al mismo, cumplen las funciones específicas de control, regulación, seguridad y medida del estado del GPL en el depósito.

En el capítulo 4.2 de la *Norma UNE 60630* se establecen los elementos mínimos de los que deben estar provistos los depósitos de una estación de servicio. Los instrumentos de medida de obligada instalación son:

- *Un manómetro de lectura directa.*
- *Indicador de nivel del líquido contenido de señalización continua.*
- *Un indicador de punto alto de llenado.*
- *Un dispositivo automático de aviso de sobrellenado.*

Estos instrumentos de medida se instalarán en el depósito junto con determinados elementos (válvulas de intervención) que permitirán el correcto funcionamiento de cada uno de ellos. Además se instalarán otros instrumentos de medida que aportarán información acerca de otras variables que no miden los anteriormente citados. De este modo se podrán obtener los datos necesarios para conocer el estado del combustible en el interior del depósito en todo momento.

3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Se instalarán los siguientes instrumentos de medida en el depósito:

- ▶ Indicador de máximo nivel de llenado con alarma.
- ▶ Termómetro.
- ▶ Manómetro.
- ▶ Indicador de nivel magnético (de señalización continua).

Se muestra a continuación la función, las características y el funcionamiento de cada uno de ellos. Además se indicará la tubuladura en la que se colocarán y los accesorios de necesaria instalación para su correcto funcionamiento.

3.1. Indicador de máximo nivel de llenado

En los depósitos de las estaciones de GPL se tiene que poder comprobar que el depósito no se ha llenado por encima del nivel máximo (85%), además debe existir un dispositivo que avise de ello. Por esta razón se colocará un indicador de máximo nivel de llenado con alarma, cumpliendo así con lo indicado en la *Norma UNE 60630*.

La instalación de este elemento resulta imprescindible, ya que si el indicador de nivel se llegase a estropear sería imposible conocer el nivel de depósito, lo que podría causar graves problemas durante la operación de trasvase. En cambio, si se instala este instrumento, se podrá saber si se ha alcanzado o no el nivel máximo de llenado.

El indicador de máximo nivel de llenado con alarma (elemento H.1) se colocará en la tubuladura H, que tiene un diámetro de 2" y se unirá a ésta mediante 8 pernos.

El indicador de máximo nivel de llenado consiste en un tubo sonda con un pequeño flotador en el extremo. La sonda debe llegar hasta el nivel de máximo llenado calculado (85% del volumen del depósito), que no debe ser sobrepasado durante la operación de Trasvase (llenado del depósito).



Figura I.3.4.1:
Indicador de
máximo nivel de
llenado.

Cuando el GPL líquido toque el flotador de la sonda, este enviará una señal que hará que salte la alarma de máximo nivel de llenado. Lo que significará que el depósito está lleno al 85 % y deberá terminar la operación de trasvase.

La longitud del tubo sonda depende del tamaño del depósito, principalmente del diámetro del mismo. La expresión que se usa para calcular dicha longitud es la siguiente:

$$L = 0,21D + e_{\text{depósito}} + L_{\text{tubuladura}}$$

Será la empresa suministradora será la encargada de proporcionar el instrumento de medida con las dimensiones adecuadas (serán facilitados los datos requeridos). Una vez instalado el indicador de máximo nivel de llenado será necesario comprobar que la longitud del tubo capilar es la correcta.

Para más información acerca del indicador de máximo nivel de llenado ver ficha técnica del elemento en el anexo 12.

3.2. Termómetro

Es conveniente conocer la temperatura del GPL en el interior del depósito, ya que influirá en la vaporización del GPL y por tanto en la presión en el interior del depósito.

Se instalará un termómetro (elemento I.1) mediante 4 pernos en la tubuladura I, que tiene un diámetro nominal de ½ de pulgada.

El termómetro elegido tiene visor circular, su escala va desde - 30 a 70 °C. De su zona inferior pende un hilo metálico con una longitud de 0,2 metros, que será el que esté en contacto con el fluido y tome su temperatura. Este termómetro está especialmente preparado para soportar grandes presiones, por lo que es ideal para este caso.



Figura I.3.4.2: Termómetro con llave de corte para depósito de GPL.

Este modelo se caracteriza por tener una llave de corte entre el visor y la zona que se unirá al depósito. Esto permite poder sustituir fácilmente el visor en caso de avería, sin que sea necesario vaciar el depósito.

3.3. Manómetro

El manómetro es un instrumento de medida que indica la presión relativa existente en un recinto o conducto determinado. En este caso medirá la presión de forma continua en la zona de fase gaseosa del depósito de GPL.

Se instalará en la tubuladura J, de $\frac{1}{2}$ " de diámetro nominal. En primer lugar se colocará sobre la tubuladura una válvula de bola de accionamiento manual (elemento J.1) a la que se conectará el manómetro (elemento J.2). Se instalará después de la válvula de bola con el fin de poder sustituirlo sin que sea necesario vaciar el depósito.



Figura I.3.4.3: Manómetro de alta presión.

El manómetro utilizado será un manómetro de alta presión, con una escala de medición entre 0 y 40 bar. Será de tipo *Bourdon*, por lo que su funcionamiento se basa en lo siguiente:

La presión del gas en el interior del tubo modifica la curvatura del mismo al tener un extremo fijo (por donde entra el gas) y el otro cerrado. El tubo se desplaza por la deformación producida efecto de la presión, actuando sobre la aguja que se mueve sobre un dial donde se encuentra la escala de presión. El valor de la deformación es proporcional a la presión sufrida. Al cesar la presión, el tubo recupera su forma original, volviendo la flecha al valor cero.

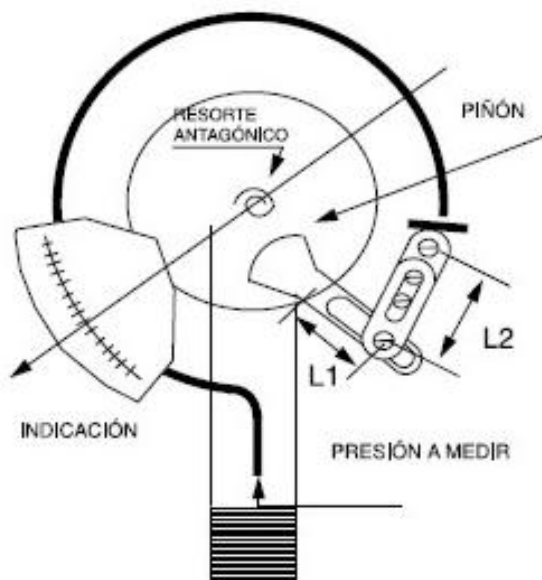


Figura I.3.4.4: Estructura interna de un manómetro tipo *Bourdon*.

Para más información acerca de este instrumento ver ficha técnica del elemento en el anexo 12.

3.4. Indicador de nivel magnético

Este dispositivo tiene como misión indicar el nivel que alcanza el líquido en el interior del depósito, o lo que es lo mismo, el grado de llenado del mismo, para:

- Indicar el contenido de gas en cada instante, advirtiéndolo de cuando se debe volver a llenar el depósito, como consecuencia del consumo realizado. Se ha de avisar a la empresa suministradora con la suficiente antelación, antes de rebasar el nivel de reserva, (de un 30 a un 20%), para evitar problemas por insuficiente vaporización de combustible.
- Advertir del contenido que va adquiriendo durante la operación de llenado del depósito con el fin de no sobrepasar el límite máximo de llenado (85 %).

Este indicador consta básicamente de un flotador (boya), un contrapeso sobre el mismo eje y un sistema de lectura exterior. La posición del flotador, que depende del nivel del líquido en el depósito, se transmite a una aguja situada sobre un dial, en donde se marca el grado de llenado en cada momento en tantos por ciento en volumen. Puede verse el indicador en la figura I.3.4.5.

El flotador se mantiene sobre la superficie del líquido equilibrado por el contrapeso. El giro del eje basculante se transmite mediante un sistema piñón-corona al eje vertical y de éste al cabezal, donde se indica el nivel de llenado. El acoplamiento es magnético, de ahí el nombre de indicador de nivel magnético.

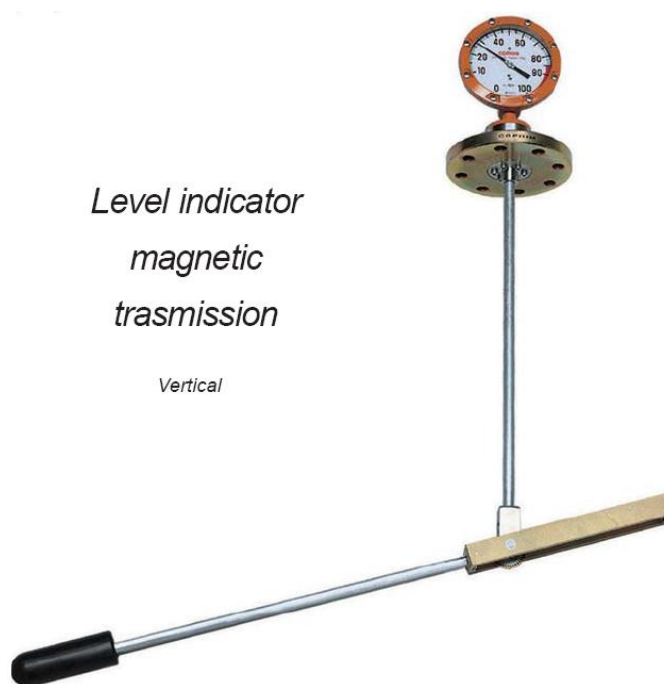


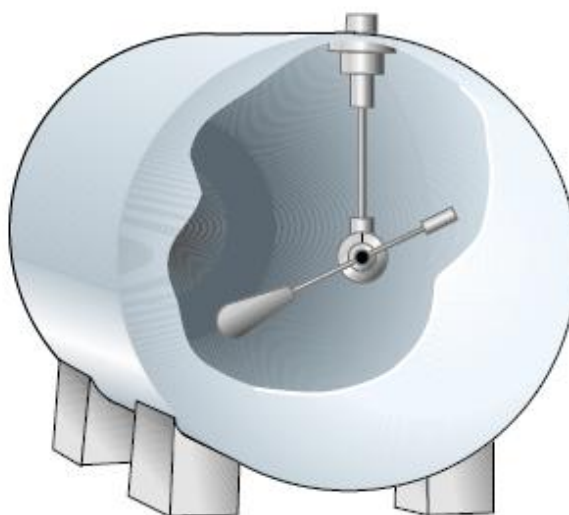
Figura I.3.4.5: Indicador de nivel magnético.

En el modelo escogido el cabezal se conecta al depósito mediante brida con pivote, por lo que será fácilmente desmontable. Esto es muy ventajoso en caso de eventual avería, ya que hace que se pueda cambiar o reparar sin tener que vaciar el depósito previamente. Ésta es la razón por la que no será necesaria la instalación de una válvula de intervención antes de instrumento de medida.

El medidor de nivel magnético escogido (elemento K.1) se instalará en la tubuladura K, que tiene un diámetro nominal de 2". Se unirá a la brida soldada de dicha tubuladura mediante 8 pernos.

Las dimensiones del indicador han de ser las adecuadas para el diámetro del depósito, con el fin de que la medición realizada sea acorde con el contenido real de gas. Será el fabricante el que decida el modelo adecuado en base a las dimensiones del depósito (ver ficha del elemento en anexo 12).

El indicador se montará verticalmente de forma que el recorrido del brazo basculante no encuentre impedimento en su recorrido. Su plano de giro debe ser perpendicular al eje longitudinal del depósito (ver figura I.3.3.6). Con esta posición, se evita que el chorro de gas durante el llenado, pueda dañarlo.



Se realizará una comprobación del correcto funcionamiento del indicador

Figura I.3.3.6: Instalación del medidor de nivel magnético en el depósito.

durante el primer llenado del depósito. No bastará con introducir una pequeña cantidad de gas con objeto de verificar la estanquidad, sino que deberá llenarse el depósito al 85 % para comprobar el correcto funcionamiento del indicador.

Para mayor información acerca del indicador de nivel magnético ver su ficha técnica en el anexo 12.

3.5. Recopilación de elementos de medida

Se muestra a continuación una tabla dónde están recogidos todos los elementos que se instalaran en las tubuladuras que albergarán a los instrumentos de medida.

Tabla I.3.4.1:
Elementos en las tubuladuras correspondientes a los instrumentos de medida.

Instrumento de medida o accesorio			Tubuladura		Datos comerciales	
Nº	Descripción	DN	Nº	DN	Código	Fabricante
H.1	Indicador de máx. nivel de llenado	2"	H	2"	1.70.30	Coprim
I.1	Termómetro	½"	I	½"	TQ1E5000	Cotrako
J.1	Válvula de bola manual	½"	J	½"	3.08.01	Coprim
J.2	Manómetro	½"	J	½"	6.14.27	Coprim
K.1	Medidor de nivel magnético.	2"	K	2"	1.70.10	Coprim

3.5. RED DE TUBERIAS

1. NORMATIVA

En la Norma UNE 60630 “Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor”, se hace referencia a dos aspectos que afectan a la red de tuberías de esta instalación.

En primer lugar se mencionan algunos de los elementos que deben instalarse en el depósito y en algunas de las líneas de tuberías (para obtener un correcto funcionamiento de la instalación). Posteriormente se hace mención a las características de la red de tuberías y de las tuberías en sí (material, uniones, trazado, etc.). Se desarrollan a continuación ambas partes.

En el apartado 4.2 “Depósitos” se establece la valvulería mínima necesaria para los depósitos de una estación de servicio. Los elementos de obligatoria instalación en la red de tuberías para el caso de un depósito enterrado son los siguientes:

- “Una válvula de exceso de flujo en cada punto de acoplamiento de las tuberías de trasvase en fase líquida.
- Una o más válvulas de seguridad.”

Con respecto a las características que debe tener la red de tubería y los requisitos que deben cumplir las tuberías en sí, se dice lo siguiente en el apartado 6 “Tuberías” de la Norma UNE 60630.

“Todas las tuberías de conexión, excepto las mangueras de alimentación a vehículos deben ser rígidas, regirse por la Norma UNE-EN 10208-2 para el acero al carbono y los proyectos PNE-prEN 10296-1, PNE-prEN 10296-2 y 10217-7 para el acero inoxidable y ser capaces de soportar la presión máxima de operación de la instalación.

Las uniones entre los tubos y las de éstos con los accesorios se deben hacer por soldadura directa. También se pueden hacer por medio de bridas soldadas en los tubos de las mismas características que éstos, siempre y cuando puedan ser permanentemente inspeccionadas visualmente. Las soldaduras deben radiografiarse al 100%, aceptándose únicamente las soldaduras con clasificación de defectos 1 ó 2, según la Norma UNE-EN 12732. Los soldadores de acero deben haber superado las correspondientes pruebas de capacitación según la Norma UNE-EN 287-1. Se pueden realizar

uniones roscadas en uniones con equipos para diámetros nominales inferiores a 50. Las juntas de estanqueidad de estas uniones deben ser resistentes al GPL.

El trazado de las tuberías debe ser lo más recto y simple posible para evitar bolsas de gas y posibles fenómenos de cavitación susceptibles de dañar la bomba. Cuando por necesidades del trazado se prevea que puedan producirse inmovilizaciones de gas líquido en entre las válvulas de la tubería, deben instalarse en dichos tramos válvulas de seguridad taradas a la presión máxima de operación.

La instalación de las tuberías puede ser aérea, enterrada o en galerías registrables. Su disposición debe prever la absorción de las sollicitaciones mecánicas y térmicas. En emplazamiento enterrado solo se admitirán uniones de tipo soldadas.

La protección contra la corrosión externa de las tuberías enterradas debe cumplir lo indicado en la Norma UNE 60310 o en la Norma UNE 60311”.

2. MATERIAL

Cómo se ha visto anteriormente, según la Norma UNE 60630 los materiales aconsejados para las tuberías son el acero al carbono y el acero inoxidable.

El acero inoxidable es más costoso que el acero al carbono, pero el mayor coste se ve compensado por las óptimas características de este material, que otorgarán mayor seguridad y tiempo de vida a la instalación. Por ello se elegirá acero inoxidable para las tuberías de la instalación objeto de estudio.

Se muestran a continuación las razones que han motivado esta elección.

- ▶ Material compatible y resistente con el fluido a transportar. Ver tablas 7.2 y 7.3 del anexo 7.
- ▶ Muy dúctil, por lo que es ideal para la fabricación tanto de las tuberías como de los accesorios.
- ▶ Alta resistencia a la tensión. Por lo que será capaz de soportar con creces las presiones máximas a las que está sometida la instalación, de tal forma que se operará siempre con total seguridad, incluso si se diesen valores mayores de los esperados.

- ▶ Mayor resistencia a la corrosión. Aunque las tuberías tengan una buena protección contra la corrosión, estarán instaladas enterradas o en el exterior, por lo que habrá que escoger un material con una buena resistencia a la corrosión.
- ▶ Mayor seguridad en la instalación. La fractura de cualquier tubería podría provocar escape de gas al exterior, lo que traería consigo consecuencias muy negativas, pudiendo darse situaciones de grave peligro. Por ello hay que escoger un material lo suficientemente resistente, no solo para soportar las condiciones de trabajo, sino para soportar también situaciones imprevistas que pudieran darse.
- ▶ Mayor tiempo de vida de la instalación. Al ser un material con gran resistencia a la corrosión y tomar las correspondientes medidas contra la corrosión, este material se verá afectado en menor medida que otros, por lo que el tiempo de vida de la instalación será mayor.
- ▶ Excelente soldabilidad. Es un factor muy importante ya que la mayoría de las uniones se harán mediante soldadura directa.
- ▶ El tamaño de la red de tuberías es relativamente pequeño, por lo que aumentará poco el valor de la inversión al tomar un material algo más costoso.

Por tanto queda totalmente justificada la elección del acero inoxidable frente al acero al carbono.

A continuación se estudiarán los tipos de aceros inoxidables más comunes existentes en el mercado, para decidir qué tipo de acero inoxidable se va a utilizar para la red de tuberías de la instalación objeto de estudio.

Existen gran variedad de aceros inoxidables, unos más simples para aplicaciones comunes y otros más complejos para aplicaciones específicas. Cuanto más complejos sean los aceros inoxidables tendrán mejores propiedades, pero serán más costosos.

Se recogen en la siguiente tabla las propiedades mecánicas, las características principales y las aplicaciones más comunes de algunos de los aceros inoxidables existentes en el mercado.

Tabla I.3.5.1:
Propiedades mecánicas y características de algunos aceros inoxidables.

Tipo acero inoxidable	Carga de rotura (Mpa-in)	Límite elástico (Mpa-min)	Elongac. (%-min)	Dureza Máx. (HB)	Características principales
AISI 304	515	205	35	183	Resistencia satisfactoria en aguas dulces y en la atmósfera. Buen comportamiento mecánico a bajas temperaturas.
AISI 304 L	485	170	35	183	Excelente resistencia a la corrosión de los ácido nítricos y de las mezclas sulfónicas hasta 70°C. No necesita tratamiento térmico después de la soldadura.
AISI 316	515	205	35	217	Resistente a los ácidos nítricos y los fosfóricos por debajo de 70°C.
AISI 316 L	485	170	35	217	Mayor resistencia a la corrosión que el AISI-316. No necesita tratamiento térmico después de la soldadura.
AISI 316 Ti	515	205	35	217	Resistente a los ácidos nítricos y los fosfóricos por debajo de 70°C. Estabilizado con titanio, lo que evita el tratamiento térmico tras la soldadura.

Dado que las condiciones de operación no son muy severas se escogerá uno de los más simples, el acero inoxidable ANSI 304.

Este material, además de cumplir con los requisitos de necesarios para las condiciones de servicio, es el más económico y el más usado a nivel industrial. Se caracteriza por tener un 18% de cromo y un 8% de níquel, con un valor de carbono limitado al 0,08%.

Se enumeran a continuación las principales razones que han llevado a esta elección.

- ▶ Cumple satisfactoriamente con los requisitos de operación.
- ▶ Dentro de los aceros inoxidables es el más económico.
- ▶ Es el más usado a nivel industrial, lo que demuestra su buen resultado. Además esto hace que exista una amplia variedad de accesorios en el mercado (de todos los tamaños y formas) y un gran abanico de fabricantes que puedan suministrar los elementos necesarios para la instalación. Esto influirá tanto en una disminución de los costes como en una mayor facilidad a la hora de encontrar recambios para una futura avería.

Se muestra a continuación su composición y sus principales propiedades.

Tabla I.3.5.2:
Composición química y propiedades físicas del acero inoxidable ANSI 304.

COMPOSICIÓN QUÍMICA								CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			
C Máx.	Ni	Cr	Fe	Si	Mn	S Máx.	P Máx.	Carga rotura (Mpa)	Límite elástico (Mpa)	Elongac. (%)	Dureza Máx. (HB)
0,08	8-11	18-20	Resto	≤0,75	≤2,00	0,03	0,04	515	205	35	183

Se concluye diciendo que todos los elementos de las red de tuberías, codos, “tes”, bridas, etc. y las tuberías en sí serán del mismo material, acero inoxidable ANSI 340.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS

Se describen a continuación las líneas de tuberías que salen del depósito, se identificarán por la letra de la tubuladura de la que parten:

- Llenado (A)
- Retorno a la cisterna (B)
- Bomba (C).
- Bypass de la bomba (D)
- Retorno del surtidor (E)
- Válvulas de seguridad (F)
- Purga superior (G)
- Purga inferior (H)
- Prueba métrica (B' y E')

3.1.Llenado (A)

Para poder llevar a cabo la operación de llenado del depósito se requiere un conjunto tubuladuras, tuberías, válvulas y accesorios específicos.

En esta instalación la operación de llenado se llevará a cabo mediante el trasvase de fase líquida al depósito y retorno de fase gaseosa al camión

cisterna. El trasvase de la fase líquida se realizará a través de la línea de llenado (A) mediante la “boca de carga a distancia”, que se describirá en este apartado; mientras que el retorno de la fase gaseosa será a través de la línea de retorno a la cisterna (B), que se verá en el apartado 4.2 de este capítulo.

La operación de llenado se realizará con el equipo de trasvase del que estará dotado el camión cisterna (trasvase mediante bomba) que será accionado por el motor del mismo.

La línea de llenado es un conjunto de tuberías, válvulas y elementos que tiene como misión hacer posible la conexión del depósito con la manguera el camión cisterna, para realizar el trasvase de GPL líquido al depósito. Esta línea estará dotada de elementos que eviten que el GPL pueda retroceder o salir del depósito y de otros que permitan realizar el corte rápido del flujo de combustible en caso de fugas durante la operación de llenado.

La línea de llenado (A) se puede dividir en dos partes: la primera que va desde el depósito hasta boca de carga (formada por un conjunto de tuberías y válvulas: elementos A.1, A.2, A.3 y A.4) y la segunda que es la boca de carga en sí (conjunto de elementos a través de los cuales se hace la conexión a la cisterna: elementos A.5, A.6, A.7 y A.8). La boca de carga estará ubicada fuera de la cubeta en la que se encuentra alojado el depósito, por eso se llamará “boca de carga a distancia o desplazada”.

Los elementos que componen esta línea, que será aérea en todo momento serán (colocados desde la tubuladura A hacia el exterior):

- ▶ Válvula de bola con actuador neumático (elemento A.1).
- ▶ Válvula de exceso de flujo (elemento A.2), según *Norma UNE 60630*.
- ▶ Válvula antirretorno (elemento A.3).
- ▶ Tramo de tubería hacia el exterior de la cubeta.
- ▶ Válvula de bola manual 1/4 de vuelta (elemento A.4).
- ▶ Tramo de tubería hacia la boca de carga.
- ▶ Filtro (elemento A.5).
- ▶ Indicador de caudal con vaso de expansión (elemento A.6).
- ▶ Válvula de exceso de flujo (elemento A.7).
- ▶ Racor con tapón (elemento A.8).

Los elementos apenas mencionados se dispondrán del siguiente modo:

En la tubuladura A de 2" de diámetro nominal se coloca una válvula de bola con un actuador neumático (elemento A.1), seguida de una válvula de exceso de flujo (elemento A.2) y de una válvula antirretorno (elemento A.3), que impedirá la salida de gas del depósito en caso de rotura accidental de la canalización de carga.

Seguidamente se colocará un tramo de tubería de 2" de diámetro, que finalizará en una válvula de bola de accionamiento manual de 1/4 de vuelta (elemento A.4). Ésta válvula servirá para detener de forma inmediata el suministro de combustible si fuese necesario. De la válvula de bola partirá de nuevo otro tramo de tubería que se unirá con la "boca de carga a distancia".

La boca de carga a distancia está formada por una serie de elementos conectados entre sí, que serán: un filtro (elemento A.5), un indicador de caudal de transmisión magnética con vaso de expansión (elemento A.6), una válvula de exceso de flujo (elemento A.7) y un racor para la conexión con la manguera de la cisterna (elemento A.8), que estará dotado de un tapón de plástico para evitar que entre suciedad en la boca de carga cuando no se haga uso de ella. Todos estos elementos tendrán un diámetro de 2".

Pueden verse en la siguiente figura algunos de los elementos que componen la boca de carga a distancia.

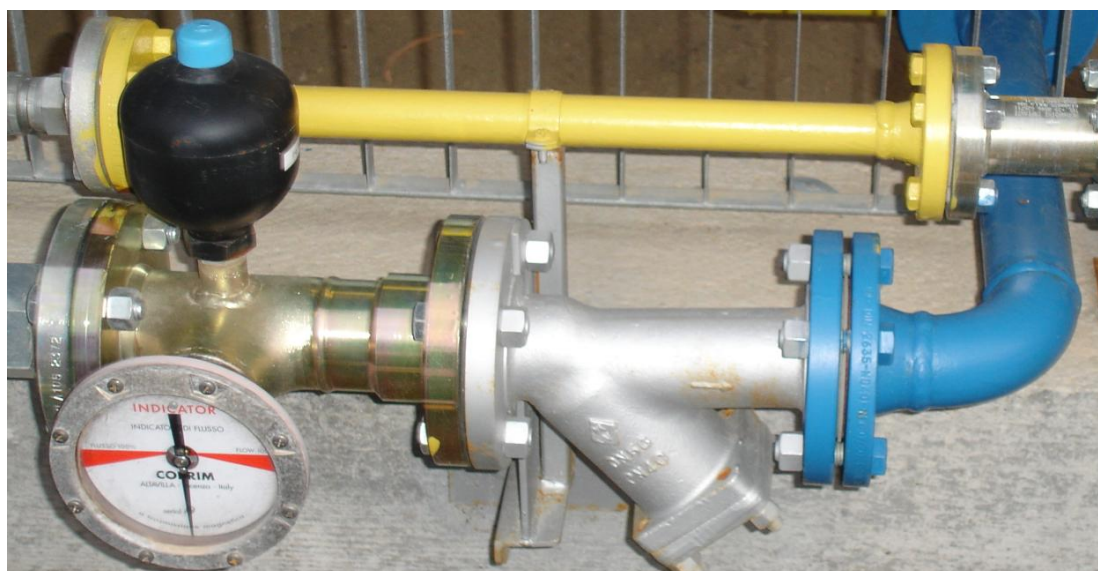


Figura I.3.5.1: Filtro (A.5) e indicador de caudal de transmisión magnética con vaso de expansión (A.6).

La conexión con la manguera de la cisterna se hará mediante una boca macho de 2 pulgadas, específica para ese fin. De este modo se evitará la conexión equivocada con una manguera correspondiente a otro fluido. Cuando se quiera introducir otro fluido en el depósito, por ejemplo agua, se habrá de disponer del adaptador adecuado.



Figura I.3.5.2: Boca de carga con tapón plástico de protección.

Mientras no se esté realizando la operación de llenado la boca de carga quedará cerrada mediante un tapón de material plástico, cómo puede verse en la figura I.3.5.2.

Pueden verse la disposición de todos los elementos que conforman esta línea (línea A) en la siguiente figura.

LÍNEA A: LLENADO

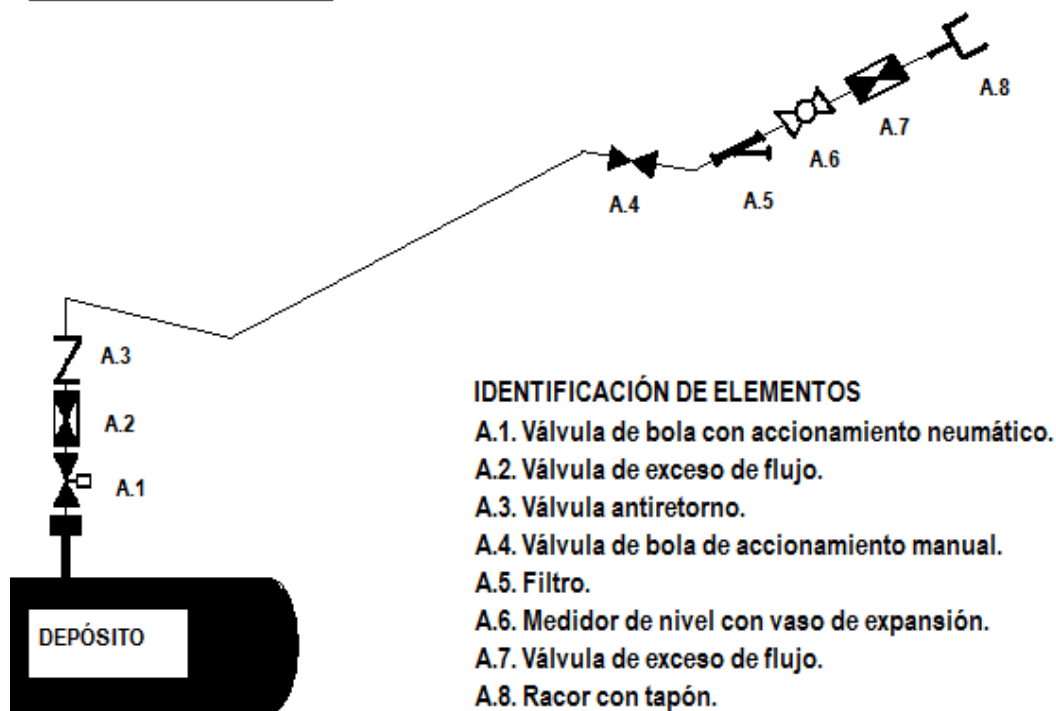


Figura I.3.5.3: Identificación de elementos de la línea de llenado (línea A).

Para saber en qué consiste y cómo se lleva a cabo la operación de trasvase ver punto 2.2 “Trasvase de GPL a los depósitos” del capítulo 4 “Protocolo de funcionamiento”.

3.2.Retorno cisterna (B)

El retorno de la fase gaseosa del depósito a la cisterna se realizará mediante una segunda manguera que se conectará a la boca de descarga. De este modo se cerrará el ciclo de la operación de trasvase.

Se parte de la tubuladura B de 1 ¼" de diámetro nominal, donde se coloca una válvula de bola de accionamiento neumático (elemento B.1), seguida de una válvula de exceso de flujo (elemento B.2). A esta se une una tubería aérea de 1 ¼" que llega hasta el exterior de la cubeta, donde se instala en su extremo una válvula de accionamiento manual de bola (elemento B.3) y otra válvula de exceso de flujo (elemento B.4), es en este punto donde se instalará el racor para la conexión con la manguera de descarga de la cisterna (elemento B.5).

En el tramo de tubería que va del depósito a la zona exterior de la cubeta, se producirá una bifurcación de la tubería, que llevará a una de las ramas de ¾" (línea B') de modo enterrado (a 600 mm de profundidad) hacia el "pozo de intervención y prueba métrica", que tendrá una profundidad de 700 mm. Es allí donde terminará la tubería, colocándose en su extremo una válvula para la realización de la prueba métrica (elemento B'.1). Se verá más detalladamente el uso de esta línea (B') en el apartado 4.9 de este capítulo.

LÍNEA B: RETORNO DE LA CISTERNA

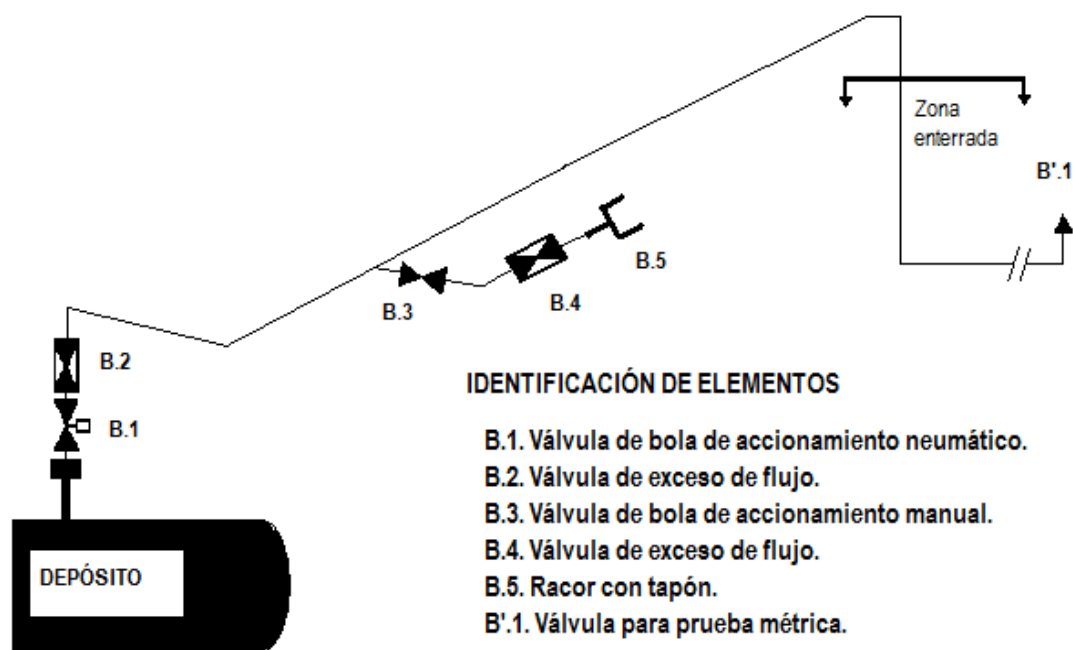


Figura I.3.5.4: Identificación de elementos de la línea de retorno de la cisterna (línea B).

3.3. Bomba (C)

Para la impulsión del combustible desde el depósito al surtidor, será necesaria la instalación de una bomba y de una serie de tuberías y elementos que permitan el correcto funcionamiento de ésta.

Partiendo de la tubuladura C, con un diámetro nominal de 1 ¼", se colocará una válvula de bola de accionamiento neumático (elemento C.1), seguida de una válvula antirretorno (elemento C.2). Ésta se unirá a un tramo de tubería en forma de codo que llega hasta la bomba (elemento C.3).

De la salida de la bomba partirá una tubería que se bifurcará, una salida será para el bypass (ver en el apartado 3.4 de este capítulo) y la otra para la tubería de impulsión que va hacia el surtidor. En ésta última se colocará una válvula antirretorno (elemento C.4), seguida de una válvula de bola de accionamiento manual (elemento C.5).

De esta tubería principal partirá una rama de ½", donde se colocará una válvula de bola manual (elemento C.6) y un manómetro (elemento C.7), para poder hacer un seguimiento continuo de la presión en la tubería de impulsión.

Seguidamente se instalará un tramo de tubería exterior de 1 ¼", que llegará hasta el exterior del cubeto donde se encuentra alojado el depósito. Después comenzará un tramo enterrado, que llegará hasta el "pozo de intervención y prueba métrica", donde se instalará una válvula de bola con actuador neumático (elemento C.8) y una válvula de exceso de flujo (elemento C.9). La tubería finalizará en el surtidor, donde llegará de forma enterrada gracias a un codo.

El accionamiento del pulsador del surtidor provocará el funcionamiento de la bomba y la apertura de diversas válvulas, permitiendo así el flujo de GPL líquido desde el depósito hasta el surtidor. Si existiese gas en la tubería de impulsión o se produjese un exceso de presión, parte del líquido (o de la fase gaseosa si la hubiese) se derivaría por la tubería de bypass, ya sea para eliminar el gas o para disminuir la presión en la tubería de impulsión. Mientras que el exceso de combustible no suministrado al vehículo retornará al depósito mediante la línea E.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de todos los elementos que compondrán tanto la línea de la bomba (C) como la del bypass (D).

Línea C: Bomba

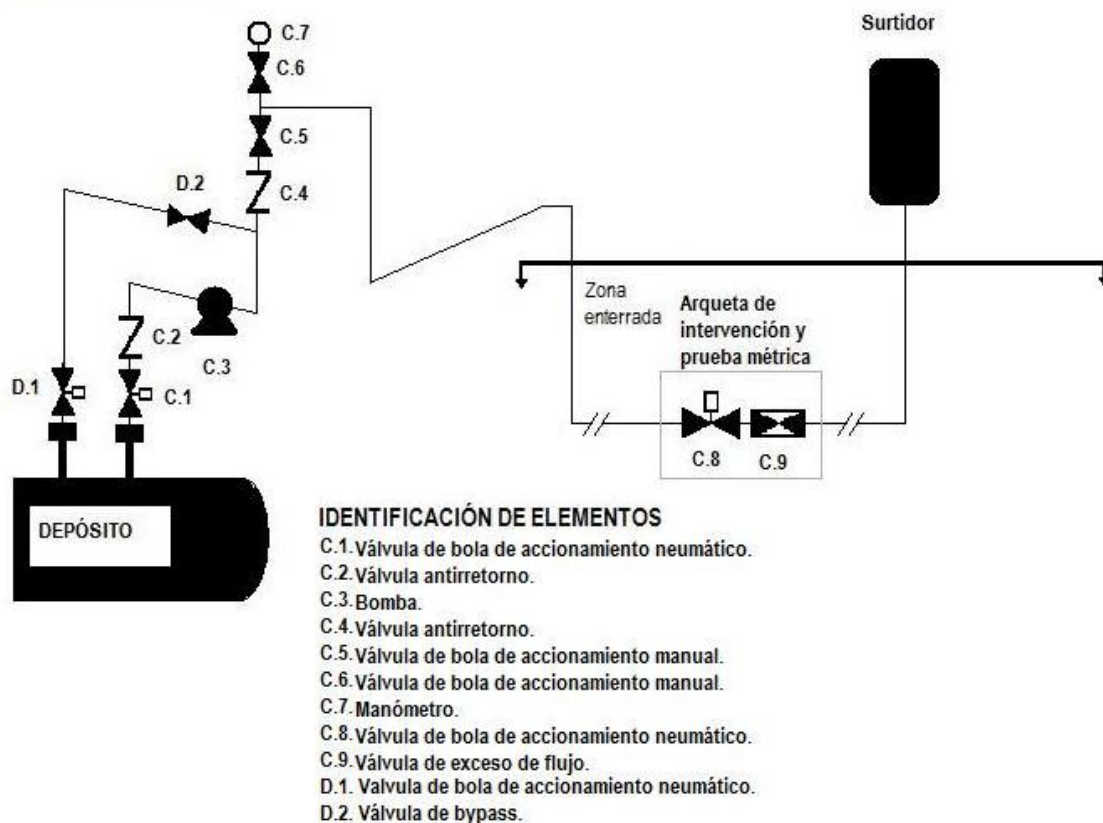


Figura I.3.5.5: Identificación de elementos de la línea de la bomba (línea C).

3.4. Bypass (D)

Para el correcto funcionamiento de toda bomba de llenado y para cumplir con la *Norma UNE 60630* es necesaria la instalación de una válvula de bypass, cuya función usual es el retorno de GPL al depósito cuando se presentan presiones más altas de las recomendables en la tubería de impulsión. En el presente caso, debido al modelo de válvula de bypass escogido, también actuará como desgasificador de la fase líquida que se impulsará al surtidor.



Figura I.3.5.6: Disposición de los elementos en la línea de bypass.

En la tubuladura D de $\frac{3}{4}$ " de diámetro nominal, se colocará una válvula de bola de accionamiento neumático (elemento D.1), seguido de un tramo de tubería en forma de "L" de $\frac{3}{4}$ ", de 1.608 mm de longitud total (un tramo vertical de 950 mm y otro horizontal de 658 mm, ver figura I.3.5.3. En su extremo se colocará la válvula de bypass (elemento D.2), que se conectará a una bifurcación de la tubería de impulsión de la bomba, que tendrá el mismo diámetro que la tubería anterior.

Para aclaraciones ver figura I.3.5.5, dónde se muestra las líneas de tuberías correspondientes a la bomba y al bypass.

Este conjunto de elementos entrará en funcionamiento cuando lo haga la bomba y sea necesario evacuar el gas (actuando como desgasificador) o bajar un posible exceso de presión en la tubuladura de impulsión de la bomba (actuando como desvío).

3.5. Retorno del surtidor (E)

Una vez realizada la operación de repostaje, una pequeña parte del combustible debe retornar al depósito, al igual que el gas que haya sido expulsado por el desgasificador del surtidor. Para ello existe una tubería, con sus correspondientes elementos y accesorios que va desde el surtidor hacia el depósito. Además, para cumplir con la normativa a la salida del surtidor deberá de existir una llave de paso para cortar el flujo de combustible en caso de necesidad (por ejemplo la colisión de un vehículo con el aparato suministrador). De esta tubería, partirá una desviación para hacer posible la prueba métrica de combustible (línea E').

La disposición de los elementos es la siguiente:

En la tubuladura E de diámetro nominal $1 \frac{1}{4}$ " se instalará una válvula de bola con actuador neumático (elemento E.1), a la que se conectará una válvula de exceso de flujo (elemento E.2). De ella partirá una tubería exterior de $1 \frac{1}{4}$ " que llegará hasta el exterior de la cubeta. Allí comienza un tramo de tubería enterrada, que llegará hasta el pozo de intervención y prueba métrica, situado a una distancia de 7.000 mm de la generatriz del depósito. Dentro de este pozo (que tendrá una profundidad de 700 mm), derivará de la tubería principal una rama de $\frac{3}{4}$ " con una válvula de toma de muestras en su extremo (elemento E'.1), se verá más detalladamente ésta en el apartado 4.9 de este capítulo.

Mientras que en la tubería principal, se colocará una válvula de bola con actuador neumático (elemento E.3) seguida de una válvula de exceso de flujo (elemento E.4). Ésta última (elemento E.4) se conectará con otro tramo de tubería enterrado de 1 ¼" y 1 metro de longitud, que se dirigirá en línea recta hacia el surtidor, allí se conectará con éste gracias a un codo.

LÍNEA E: RETORNO DEL SURTIDOR

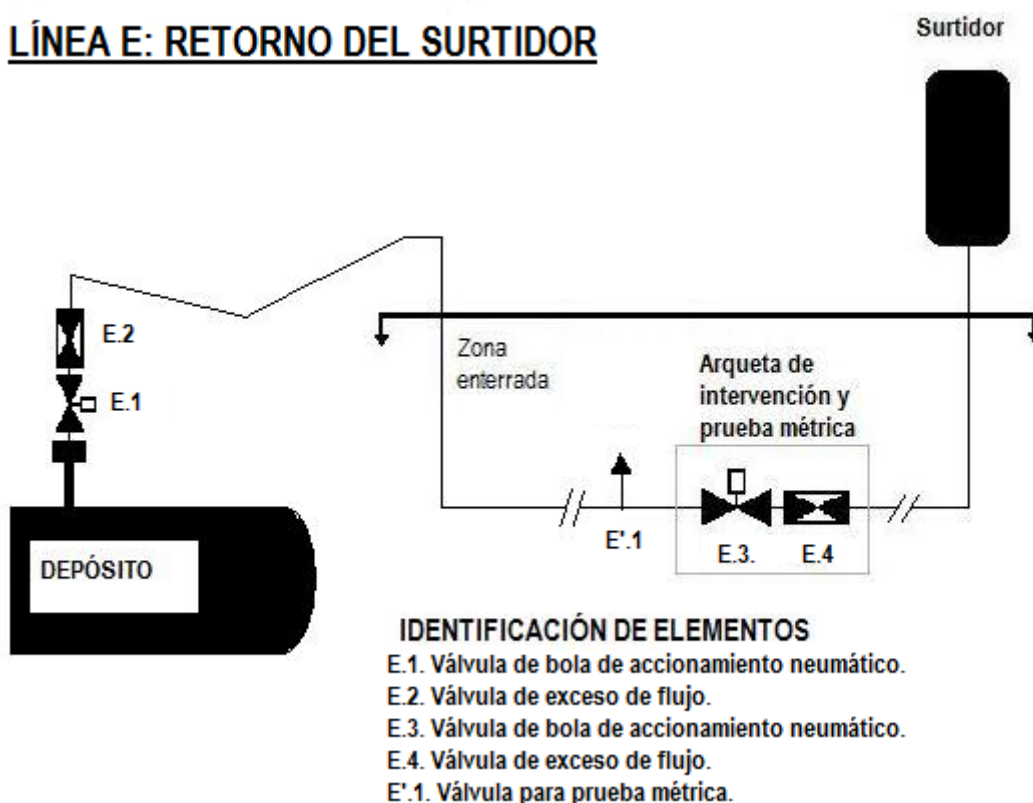


Figura I.3.5.7: Identificación de elementos de retorno del surtidor (línea E).

Este conjunto de elementos entrará en funcionamiento cuando haya finalizado la operación de suministro de combustible al vehículo, devolviendo al depósito la cantidad de GPL no suministrada.

3.6. Válvulas de seguridad (F)

Dentro del depósito puede aumentar la presión del gas debido a los siguientes motivos:

- ▶ Aumento de la temperatura del gas.
- ▶ Sobrellenado del depósito.
- ▶ Que el combustible contenga mayor cantidad de la prevista de un hidrocarburo cuya tensión de vapor sea superior a la prevista (por ejemplo etano y eteno).

- Que exista aire o gas inerte en la zona de fase vapor. Al elevarse su temperatura y no producirse la correspondiente condensación, se originaría un aumento de presión mayor de lo previsto. En estos casos se ha de purgar la fase gaseosa para eliminar el aire o gas inerte residual.

Los depósitos se construyen con una determinada resistencia mecánica por tanto no se podrá sobrepasar el valor de presión en el interior por razones de seguridad. Esto obliga a incorporar unas válvulas que eviten se alcancen presiones elevadas; son llamadas válvulas de seguridad por alivio de presión y son las que se instalarán en el depósito objeto de estudio.

Estas válvulas entrarán en funcionamiento automáticamente, produciéndose la salida de cierta cantidad de gas al exterior cuando la presión del depósito exceda del valor de timbre (20 bar), aliviando con ello la presión del interior del depósito.

Se conectan directamente a la zona de fase vapor, ya que de esta forma la salida del GLP produce vaporización en el interior del depósito, lo que ocasiona un enfriamiento benefactor al disminuir la presión del gas.

Dado que el depósito tiene un volumen de 50 m^3 (mayor de 20 m^3), dispondrá de dos válvulas de seguridad externas estándar, yendo acopladas a un colector de seguridad. Se hace de este modo para compensar la falta en el mercado de válvulas de mayor tamaño.

El colector de diámetro $3 \frac{1}{2}"$ (elemento F.1), se conectará a la tubuladura F, de modo que esté apartada del resto de las tubuladuras (para evitar riesgos en caso de fuga). A este colector se conectarán como se ha dicho anteriormente las dos válvulas de seguridad de diámetro $2 \frac{1}{2}"$ (elementos F.2 y F.3). Estas válvulas funcionarán mediante un sistema a resorte y estarán taradas a 20 bar, como indica la normativa.



Figura I.3.5.8: Colector (F.1) y válvulas de seguridad (F.2 y F.3).

El hecho de instalar dos válvulas mediante un colector permite, además de obtener el caudal de descarga deseado, la posibilidad de poder cambiar una las válvulas en caso de avería. Ya que mientras que se cambia una, la otra podría seguir funcionando si fuese necesario, obteniéndose en todo momento condiciones de trabajo seguras, puesto que el caudal de descarga será lo suficientemente alto.

Para evitar que el gas liberado cree situaciones de peligro (creación de atmósferas explosivas en las cercanías del depósito y accesorios), las válvulas de seguridad se conectarán a un tubo que guiará al gas en sentido vertical ascendente (elemento F.4). Ésta conducción sirve para la evacuación de las dos válvulas, ya que a la salida de las válvulas de seguridad de colocará un codo que una las dos salidas de ambas hacia una única tubería.

La conducción estará formada por dos tramos: el primero es tubo horizontal de 3 ½" de diámetro y 2.814 mm de longitud, que irá desde el codo superior que une las válvulas de seguridad hasta la zona exterior de la cubeta. El segundo tramo será la conducción prolongadora vertical mencionada anteriormente, que tendrá una longitud de 4 m y un diámetro de 3 ½" (elemento F.4). El extremo de la conducción de descarga estará protegido con una tapa con bisagra (de fábrica), que se abrirá solo cuando se evacue gas a través de las válvulas de seguridad. De este modo se evitará la entrada de suciedad y agua de lluvia en la conducción sin dificultar su funcionamiento.

Para ver el cálculo del caudal de descarga para la elección del tipo y número de válvulas de seguridad dirigirse al anexo 3.

Estas válvulas entrarán en funcionamiento como se ha dicho anteriormente cuando la presión en el interior del depósito sea mayor de 20 bar. La presión del gas será superior a la ejercida por el muelle (presión de tarado), por lo que éste cederá, permitiendo el desplazamiento del obturador y con ello la evacuación del GLP. Una vez aliviada la presión, el muelle se recuperará cerrando de nuevo la salida del gas. El obturador con vástago guía cerrará la salida del gas por efecto de la acción del muelle.

3.7. Purga superior (G)

Esta línea tiene como cometido principal el permitir el drenado (eliminación de los sedimentos y elementos decantados) del depósito así como el agua utilizada para la prueba de resistencia mecánica. Los cuerpos extraños y el agua son más densos que el GPL y decantan en el fondo del depósito, por lo que el dispositivo de purga se ha de situar en su punto más bajo del depósito y si no fuera posible colocar un dispositivo que se comuniquen con esta zona.

Como el depósito objeto de estudio es enterrado la purga se instalará en su generatriz superior, sobre la tubuladura de purga superior (G), que tiene un diámetro nominal de 1 1/4".

Se colocará sobre la tubuladura una válvula de bola con actuador neumático (elemento G.1), con tubo buzo para hacer las veces de válvula de drenaje. El tubo buzo deberá llegar casi hasta el fondo para arrastrar la máxima cantidad de sedimentos posible (longitud del tubo buzo igual a 2,57m).

A la válvula neumática se conectará un codo de 90° (paso de vertical a horizontal), que se unirá a un tubo que terminará fuera de la cubeta del depósito. A este tubo se unirá un codo para hacer un giro de 90° hacia la izquierda. Se colocará una válvula de bola de accionamiento manual (elemento G.2), seguida de un tramo de tubería de 600 mm y finalmente una válvula de hombre muerto en su extremo (elemento G.3).

La tubería tendrá la salida en el exterior de la cubeta, orientada hacia fuera del depósito, para evitar cualquier contacto del GPL con la valvulería y accesorios del mismo.



Figura I.3.5.9: Línea de purga superior (G): V. de bola con actuador neumático (G.1), v. de bola de accionamiento manual (G.2) y v. de hombre muerto (G.3).

Se recuerda que para un mejor resultado de la operación de drenado, el depósito se instalará ligeramente inclinado hacia el lugar en que se encuentra el dispositivo de drenaje (un 0,5% hacia la izquierda), para facilitar así su labor de sumidero. Habrá que prestar especial atención para que los sedimentos que pudieran existir en el fondo no lleguen a obstruir la conducción.

El drenaje del depósito se deberá realizar como mínimo después de cada una de las operaciones de trasvase; además se repetirá siempre que se encuentren elementos ajenos al propano en el interior del depósito.

La operación consistirá básicamente en el acúmulo de gas (junto con los sedimentos) en el tramo de tubería de 600 mm, mediante la apertura de las válvulas G.1 y G.2 y el cierre inmediato de las mismas, teniendo la precaución de la válvula G.3 se encuentre cerrada. La maniobra será rápida con apertura parcial de las llaves y cierre inmediato. A continuación se abrirá la válvula de hombre muerto (G.3) y se expulsarán hacia el exterior el GPL junto con los sedimentos y elementos decantados.

Para más información acerca de esta operación ver apartado 2.3 “Drenaje del depósito” del capítulo 4 de “Protocolo de funcionamiento”.

3.8. Purga inferior (H)

Tiene como función permitir el vaciado completo del depósito en situaciones que lo requieran: eliminación de los sedimentos y elementos decantados que no hayan podido ser eliminados mediante la purga superior, salida adicional del agua utilizada para la prueba de resistencia mecánica, etc. Como se ha dicho anteriormente los cuerpos extraños y el agua son más densos que el GLP y decantan en el fondo del depósito, por ello esta tubuladura se coloca en la zona más baja del depósito (zona izquierda), en su generatriz inferior.

La purga inferior no se usará como sistema de purga habitual (para ello se tiene la purga superior), sino que se usará solo para casos que requieran el vaciado completo del depósito o para pruebas en las que el depósito no esté aún enterrado.

Consiste simplemente en una tubuladura situada en el extremo inferior izquierdo del depósito, a una distancia de 0,5 m del extremo izquierdo de la virola (tubuladura L).

Se sitúa en esta zona ya que corresponde a la zona más baja del depósito, facilitando así la operación de vaciado completo del depósito en situaciones que lo requieran.

La tubuladura tiene un diámetro de 1 ¼" y llevará soldada una brida de 1 ¼" 300 # con 4 barrenos. Esta tubuladura se mantendrá cerrada mediante una brida ciega de 1 ¼" 300 # unida a la boca de la tubuladura con 4 pernos.

Se hará uso de esta purga en situaciones excepcionales, siempre y cuando el depósito se encuentre prácticamente vacío y despresurizado, o cuando se reúnan todas las condiciones necesarias para poder hacer su correcto uso.

3.9.Prueba métrica (B' y E'):

Para verificar la exactitud de los surtidores instalados en las estaciones de servicio de GPL, se realiza una prueba llamada comúnmente "prueba métrica". Esta prueba consiste en el llenado desde el surtidor de una "bombona métrica" dotada de un propio medidor de nivel. Se compara el valor del volumen de GPL fijado en el surtidor con el obtenido en el medidor de la bombona. Se hacen varias mediciones para obtener un valor real. Una vez confrontados ambos valores se conoce el porcentaje de error del surtidor, y se procederá al ajuste de los parámetros del surtidor si fuese necesario.

Para la realización de esta prueba son necesarias, además de la instrumentación específica para llevar a cabo la prueba, las conexiones al depósito para poder cerrar el ciclo del flujo de GPL en las mediciones (pues el GPL usado en la prueba será devuelto al depósito).

Estas conexiones serán:



Figura I.3.5.10: Bombona métrica.

- ▶ Línea B': Parte del punto X de la tubería de fase gas que retorna a la cisterna. Esta tubería de diámetro nominal $\frac{3}{4}$ " está formada por dos tramos, uno aéreo, que llega hasta la parte exterior de la cubeta y otro enterrado, que llega hasta el "pozo de intervención y prueba métrica". Será allí donde se coloque una válvula (elemento B'.1) para hacer posible la conexión con los elementos necesarios para la realización de la prueba.
- ▶ Línea E': Parte del punto Y de la tubería de retorno del surtidor (línea E). Esta línea empieza en el "pozo de intervención y prueba métrica" y termina en él. Tendrá un diámetro nominal de $\frac{3}{4}$ " y en su extremo se colocará otra válvula (elemento E'.1) al igual que en el caso anterior.

Para más información acerca cómo realizar la prueba métrica (instrumentación, conexiones, cómo realizar la prueba, etc.) ver el punto 2.4. "Prueba métrica" del capítulo 4 "Protocolo de funcionamiento".

3.10. Recopilación de elementos en las líneas de tuberías

Todos los accesorios y elementos instalados en la red de tuberías cumplen los requisitos de temperatura y presión para poder trabajar satisfactoriamente en la instalación objeto de estudio.

Se muestra en la siguiente tabla una recopilación de todos los elementos instalados en las distintas líneas del sistema. Se indicará la línea en la que se encuentran, la tubuladura de la que parte dicha línea, se identificará el elemento en sí, especificando también el modelo y el fabricante.

Para mayor información acerca de las características de los elementos y válvulas mostrados en esta tabla ver el anexo 12.

Tabla I.3.5.3:
Líneas de tuberías: Elementos, válvulas y accesorios de cada una de las líneas.

Línea		Tubuladura		Elemento/Válvula/Accesorio			Fabricante	
Nº	Línea	Nº	DN	Nº	Descripción	DN	Modelo	Marca
A	Boca de carga	A	2"	A.1	Válvula de bola con actuador neumático	2"	3.08.06 3.90.05	Coprim
				A.2	Válvula de exceso de flujo	2"	1.87.20	Coprim
				A.3	Válvula antirretorno	2"	1.87.65	Coprim
				A.4	Válvula de bola (manual)	2"	3.08.06	Coprim
				A.5	Filtro	2"	6.15.20	Coprim
				A.6	Indicador de caudal	2"	1.88.10	Coprim
				A.7	Válvula de exceso de flujo	2"	1.87.20	Coprim
				A.8	Boca de carga	2"	RM 2.00	Todogas
B	Retorno gas cisterna	B	1¼"	B.1	Válvula de bola con actuador neumático	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				B.2	Válvula de exceso de flujo	1¼"	1.87.14	Coprim
				B.3	Válvula de bola (manual)	1¼"	3.08.04	Coprim
				B.4	Válvula de exceso de flujo	1¼"	1.87.14	Coprim
				B.5	Boca de descarga	1¼"	RM 1.14	Todogas
C	Bomba	C	1¼"	C.1	Válvula de bola con actuador neumático	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				C.2	Válvula antirretorno	1¼"	1.87.59	Coprim
				C.3	Bomba	1¼"	FF150	Corken
				C.4	Válvula antirretorno	1¼"	1.87.59	Coprim
				C.5	Válvula de bola (manual)	1¼"	3.08.04	Coprim
				C.6	Válvula de bola (manual)	½"	3.08.01	Coprim
				C.7	Manómetro	½"	6.14.27	Coprim
				C.8	Válvula de bola con actuador neumático	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				C.9	Válvula de exceso de flujo	1¼"	1.87.14	Coprim
D	Bypass	D	¾"	D.1	Válvula de bola con actuador neumático	¾"	3.08.02 3.90.01	Coprim
				D.2	Válvula bypass	¾"	B166	Corken
E	Retorno del surtidor	E	1¼"	E.1	Válvula de bola con actuador neumático.	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				E.2	Válvula de exceso de flujo	1¼"	1.87.14	Coprim
				E.3	Válvula de bola con actuador neumático	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				E.4	Válvula de exceso de flujo	1¼"	1.87.14	Coprim
F	Válvulas de seguridad	F	3½"	F.1	Colector	3½"	1.70.93	Coprim
				F.2	Válvulas de seguridad	2½"	1.70.99	Coprim
				F.3	Tubo venteo	3½"	1.70.925	Coprim
G	Purga superior	G	1¼"	G.1	Válvula de bola con actuador neumático	1¼"	3.08.04 3.90.03	Coprim
				G.2	Válvula de bola manual	1¼"	3.08.04	Coprim
				G.3	Válvula de hombre muerto	1¼"	350006B	MagiGas
B'	Prueba métrica	B	1¼"	B'.1	Conexión prueba métrica	¾"	V.01	SGIG
E'		E	1¼"	E'.1	Conexión prueba métrica	¾"	V.02	SGIG

4. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA Y DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS

4.1.CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

Las condiciones de operación del sistema no serán constantes, sino que variaran unas con otras, pues están todas relacionadas entre sí.

Teniendo en cuenta que el volumen del depósito es constante, las variables a tener en cuenta son: la temperatura, la presión y el grado de llenado de depósito. Se estudian a continuación cada una de ellas.

4.1.1. Temperatura

La temperatura en el depósito variará en función de la climatología, que dependerá de la zona geográfica en la que se instale la estación de servicio (en la provincia de Cádiz). Al igual que para el diseño del depósito, se tomará un rango de temperatura (temperatura mínima y máxima registrada en la zona durante el 2008) para considerar de este modo todos los casos que puedan darse. El rango de temperatura establecido será de 0 a 45 °C.

4.1.2. Presión

Existen dos zonas de la instalación donde hay que definir un rango de presión dentro del cual se debe operar, para cumplir así con los requisitos del servicio y trabajar con la máxima seguridad posible. Estas zonas son el interior del depósito y la salida del surtidor. Se estudian a continuación cada una de ellas.

En el depósito

Para el intervalo de temperatura dado y sabiendo que tiene que existir fase vapor y fase líquida en el interior del depósito, habrá que establecer tres intervalos de presiones distintos:

- ▶ Intervalo límite: Valores de presión límites de las situaciones más extremas para las que existan tanto fase líquida como vapor (P. mínima y P. máxima); será el intervalo más amplio.
- ▶ Intervalo de seguridad: Valores de presión dentro del cual se trabaja con seguridad, se dejará un margen de presiones para

asegurar que no se alcancen los valores límite (P. mínima y P. máxima de seguridad).

- ▶ Intervalo de trabajo: Valores de presión a los cuales es deseable trabajar (P. mínima y P. máxima de trabajo); será el intervalo más pequeño.

Para establecerlos habrá que hacer una serie de aproximaciones:

- 1) Se aproximará la composición del GPL a la de una mezcla con un 30% de propano y un 70% de butano, suponiéndose así que no existan otros componentes en la mezcla.
- 2) Se supondrá que en las condiciones más desfavorables se cumple lo siguiente:
 - Cuando se dé la presión mínima (a la temperatura mínima) la composición del vapor será de un 30% de propano y un 70% de butano.
 - Cuando se dé la presión máxima (a la temperatura máxima) la composición del vapor será del 100% en propano.

Se fijan a continuación los intervalos de presiones apenas definidos:

- ▶ Intervalo límite:

Se establecerán los puntos de presión referentes a las condiciones más desfavorables, dónde siempre deben existir las dos fases. Se definen del siguiente modo:

- A) Presión mínima: Se da a la mínima temperatura de trabajo ($T = 0^{\circ}\text{C}$) y se supone que la composición del vapor es de un 30% de propano y un 70% de butano.
- B) Presión máxima: Se da a la máxima temperatura de trabajo ($T = 45^{\circ}\text{C}$) y se supondrá que la composición del vapor es del 100% en propano.

Del diagrama I.3.5.11 se sacan los valores de estos puntos, que corresponden a los siguientes:

- ▶ Punto A (T . mínima= 0°C , P . mínima= 1,2 bar)

- Punto B (T. máxima= 45°C, P. máxima= 14,8 bar)

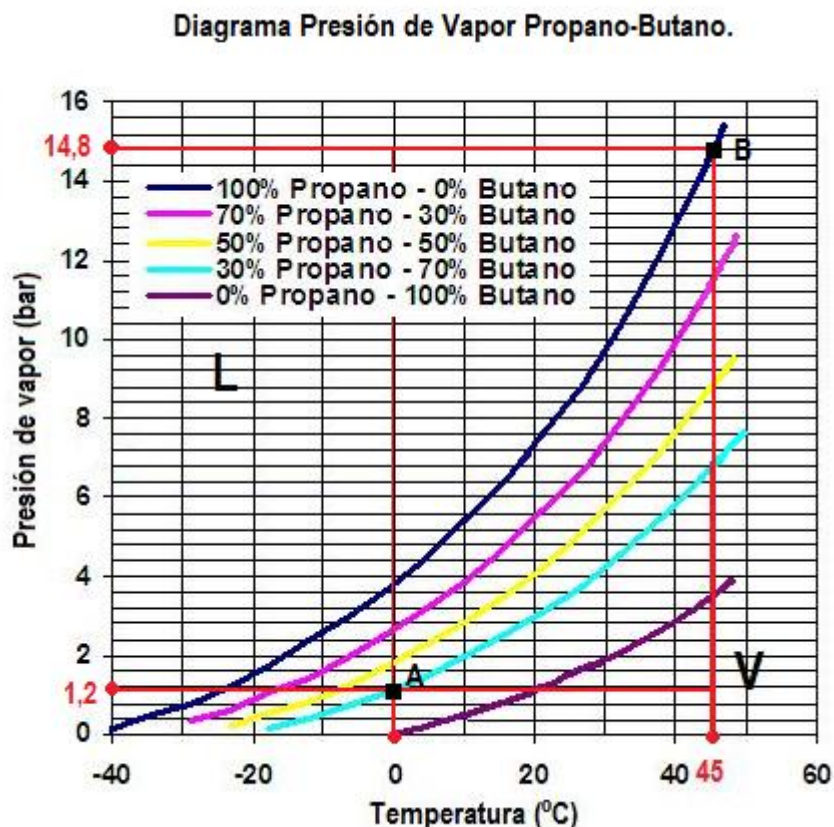


Figura I.3.5.11: Representación de los puntos A (T min., P min.) y B (T máx., P máx.) correspondientes a las condiciones más desfavorables que pueden darse en el sistema propano butano para que existan fase líquida y fase vapor.

Podrán darse presiones más altas que las mencionadas, pero nunca se darán situaciones de peligro. Esto se debe a que a partir de el valor de tarado de las válvulas de seguridad ($P = 20$ bar) se comenzará a evacuar combustible para bajar la presión en el depósito, por lo que nunca podrán darse valores más altos.

- Intervalo de presiones de seguridad:

Será un intervalo más pequeño que el anterior, pues se establecerá un margen de seguridad para que no se llegue nunca a las situaciones límite apenas descritas.

Para determinar el intervalo de presiones de seguridad, se establecerá el valor del margen de seguridad que será 1,8 bar.

Se describen a continuación los valores de dicho intervalo:

- ▶ Para la mínima temperatura de trabajo ($T. \text{mínima} = 0^{\circ}\text{C}$), se tomará un valor de la presión mayor en 1,8 bar que la presión límite mínima establecida ($P. \text{mínima} = 1,2 \text{ bar}$), obteniéndose un valor de presión mínima de seguridad igual a 3 bar.
- ▶ Para la máxima temperatura de trabajo ($T. \text{máxima} = 45^{\circ}\text{C}$), se tomará un valor de la presión mayor menor 1,8 bar que la presión límite máxima ($P. \text{máxima} = 14,8 \text{ bar}$), obteniéndose un valor de presión máxima de seguridad igual a 13 bar.
- ▶ Intervalo de presiones de trabajo

El rango de presiones aconsejables a las que se debe trabajar irá desde un valor mayor que el mínimo de seguridad ($P. \text{mínima de seguridad} = 3 \text{ bar}$), hasta un valor menor que el máximo ($P. \text{máxima de seguridad} = 13 \text{ bar}$), para de este modo poder trabajar en las mejores condiciones en la instalación.

Teniendo en cuenta que la presión dentro del depósito variará en función de dos parámetros (temperatura y nivel de llenado), se establecerá un intervalo de presiones relativamente alto, que será el suficiente para cumplir con las condiciones de servicio en todas las situaciones que puedan darse.

El intervalo de presiones establecido, dentro del que se trabajará con normalidad en el depósito, variará desde 4 bar hasta 12 bar.

Se recopilan en la siguiente tabla los valores de los intervalos de presión establecidos:

Tabla I.3.5.4:
Intervalos de presiones límites, de seguridad y de trabajo para el depósito.

Intervalo de presiones	P. mínima (bar)	P. máxima (bar)
Condiciones límites	1,2	14,8
Condiciones de seguridad	3	13
Condiciones recomendadas de trabajo	4	12

A continuación en la figura I.3.5.12 se representan éstos valores sobre el diagrama propano butano, estableciéndose así las distintas zonas de trabajo.

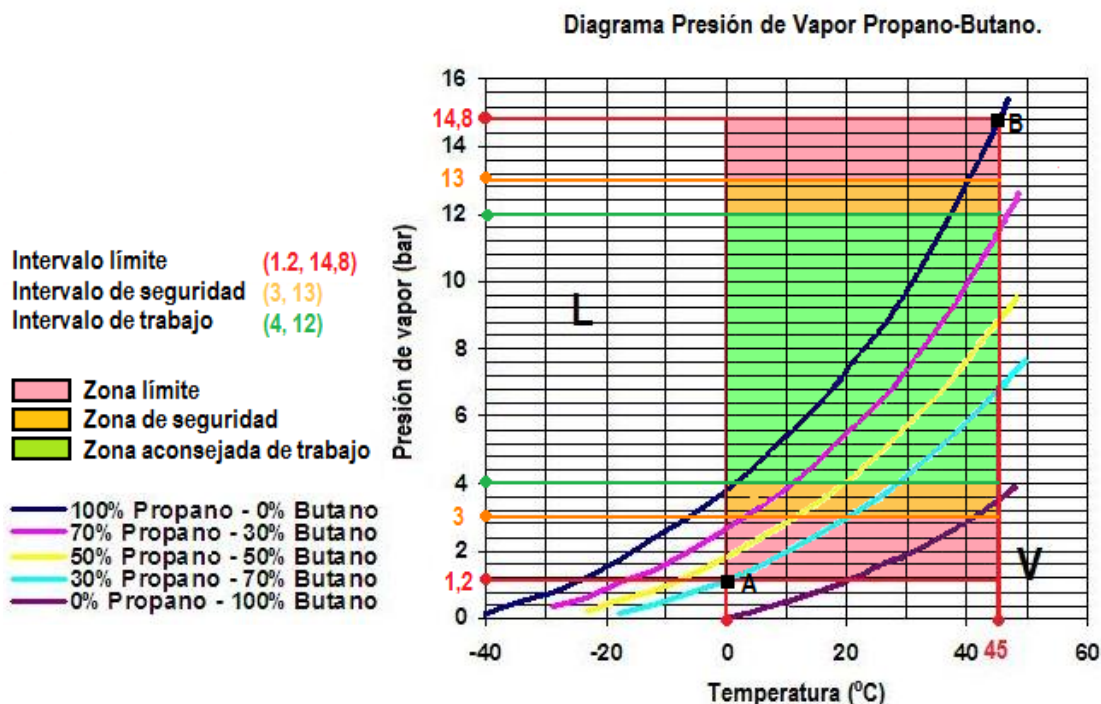


Figura I.3.5.12: Representación de los intervalos de presiones y las distintas zonas de trabajo en el diagrama Propano-Butano.

La presión en el interior del depósito se verá modificada por las otras variables del siguiente modo:

► Variación de la presión con la temperatura:

A igual cantidad de combustible en el depósito y dado que el volumen del mismo es constante, la presión en el depósito variará de forma directamente proporcional a la temperatura. Se muestra en la siguiente figura un ejemplo de cómo varía la presión en el depósito en función de la temperatura.

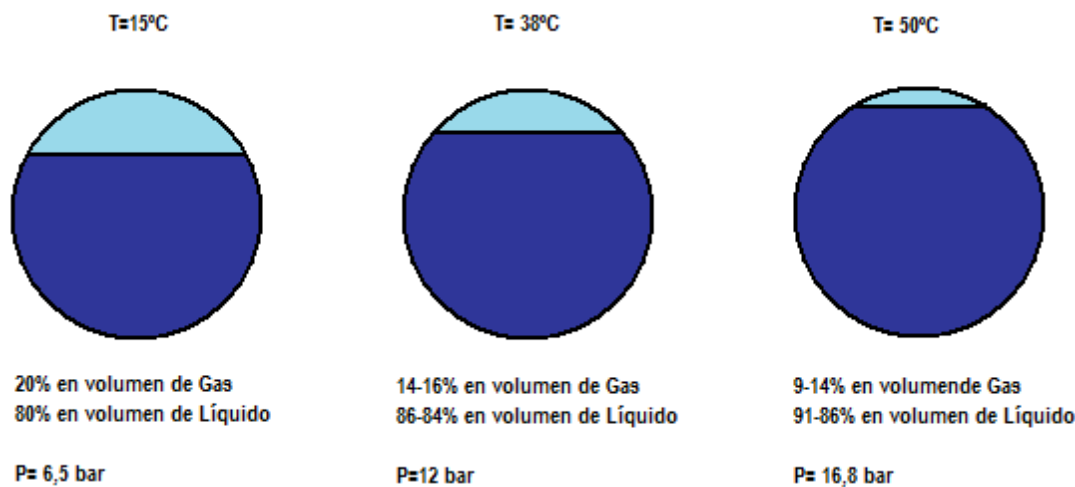


Figura I.3.5.13: Variación de la presión y de los porcentajes en volumen de gas y líquido en el depósito en función de la temperatura.

► Variación de la presión con el grado de llenado del depósito:

A medida que se va consumiendo el combustible, la presión irá disminuyendo en el interior del depósito, comenzando a vaporizarse cada vez mayor cantidad de combustible. La presión en el depósito será siempre lo suficientemente alta como para mantener la cantidad necesaria de combustible licuado, pues a partir del 20 % dejará de suministrarse GPL a los vehículos.

Esta variación se produce muy lentamente, pues la cantidad de combustible extraído en la operación de repostaje es muy pequeña en comparación con el volumen del depósito.

■ **En el surtidor**

Para poder suministrar GPL a los vehículos en las condiciones adecuadas se establecerá una presión de salida en el mismo de 13 bar. Será la bomba instalada la encargada de suministrar esta presión al final de la línea.

En el depósito de cada vehículo se necesita una presión que varía normalmente entre los 5 y los 8 bar, aunque existen vehículos que necesitan presiones de hasta 10 bar, por ello se impone un valor de presión de salida del surtidor de 13 bar. Esta amplitud en el rango de presiones dentro del depósito del vehículo se debe a que cada fabricante establece unas condiciones distintas de presión en función del tipo de motor, la forma del depósito y la capacidad del mismo. Además, al igual que en el depósito de almacenamiento de la estación de servicio, la presión en el depósito del vehículo variará en función de la temperatura y del nivel de llenado del depósito, por lo que podrán darse valores más altos de los esperados.

Al establecer como presión de salida del surtidor un valor de 13 bar, se asegura el abastecimiento en las correctas condiciones (con el caudal y la presión necesaria) para todos los tipos de depósitos existentes en el mercado.

4.1.3. Grado de llenado del depósito

Suponiendo una temperatura de trabajo constante, cuando el depósito esté lleno a su capacidad máxima (85 %), se dará el máximo valor de presión en él.

A medida que se va consumiendo combustible a través de la operación de suministro a los vehículos, la presión irá disminuyendo en el interior del mismo, comenzando a vaporizarse cada vez mayor cantidad de combustible.

Dejará de suministrarse GPL a los vehículos cuando el nivel de combustible en el depósito llegue al 20 o 30 %, pues siempre hay que dejar parte del combustible licuado. Este valor puede variar ligeramente en función de la temperatura existente en el mismo.

Se ilustra en la siguiente figura las dos situaciones más extremas que pueden darse en función de la temperatura y del nivel de llenado del depósito:

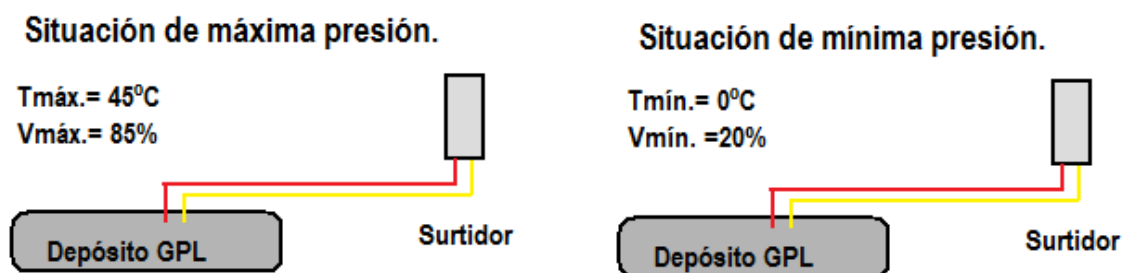


Figura I.3.5.14: Situaciones extremas de máxima y mínima presión en el depósito.

4.2.CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS

Cada una de las líneas de la instalación estará sometida a condiciones de operación distintas dependiendo de la función para la que estén destinadas.

Las variables a estudiar para cada línea son las siguientes:

- ▶ Temperatura: La temperatura no tomará un valor constante, sino que variará en función de las condiciones atmosféricas. Además en la instalación objeto de estudio existen tuberías enterradas y exteriores, por lo que la temperatura también será distinta en función de esto. Por ello se establece para todas las líneas de tuberías un mismo intervalo de temperatura, que será igual que se estableció para el diseño del depósito, de 0 a 45 °C.
- ▶ Presión: La presión de las líneas de tuberías será distinta dependiendo de la función para la que esté destinada cada una de ellas.
- ▶ Velocidad: La velocidad en el interior de cada línea de tuberías también será distinta, dependerá del estado en el que se encuentre el GPL

(líquido o gaseoso), de la existencia de instrumentos de impulsión (bombas, compresores, etc.), de las pérdidas de carga y de los requerimientos necesarios para la función a desempeñar en cada una de ellas.

A continuación se describen las condiciones de operación de cada una de las líneas que salen del depósito, excepto la temperatura, para la que se tomará siempre el intervalo anteriormente fijado (de 0 a 45 °C).

4.2.1. Llenado (A)

En esta línea se trasvasa el GPL en fase líquida desde la cisterna hacia el depósito, el flujo de combustible se produce gracias al accionamiento de las bombas del camión cisterna.

Tanto la presión como la velocidad del GPL de esta línea vendrán determinadas por el caudal de impulsión que proporcione la bomba del camión cisterna de la empresa suministradora.

El diámetro de la línea será el requerido por la empresa suministradora. En función del volumen del depósito, la empresa suministradora exigirá un diámetro de conducción para poder realizar las conexiones con las mangueras de trasvase de la cisterna (para el caso de estudio es 2"). Una vez allí, el operario de la empresa suministradora será el encargado de establecer el caudal de bombeo adecuado para la instalación, lo que dará lugar a una determinada presión y velocidad en la línea.

4.2.2. Retorno a la cisterna (B)

En esta línea se trasvasa el GPL en fase gaseosa desde el depósito hacia el camión cisterna.

Al igual que en la línea A, el diámetro de esta conducción será el requerido por la empresa suministradora de combustible (1 ¼"), para que pueda realizarse correctamente la conexión con la manguera de fase vapor de la cisterna.

El GPL gaseoso se desplazará desde el depósito hacia la cisterna por la sobrepresión que se creará en el depósito al introducir el GPL líquido de la cisterna. Por lo que tanto la velocidad como la presión estarán condicionadas por el caudal de impulsión de la bomba de la cisterna.

4.2.3. Bomba (C)

En esta línea se impulsa el GPL líquido desde el depósito hacia el surtidor, gracias a una bomba instalada para tal fin (elemento C.3).

El diámetro de esta línea será el establecido por la boca de carga y descarga de la bomba elegida para la instalación, que en el presente caso será de 1 ¼" para ambas.

Se establecerá una presión al final de la línea (presión necesaria para suministrar el combustible a los vehículos desde el surtidor, $P = 13$ bar), por lo que la presión en la línea será conocida, pues se conoce la presión tanto a la salida de la bomba y al final de la conducción (en el surtidor), como la pérdida de carga en la conducción. Ver anexo 2.

Por otro lado la velocidad en la conducción, aunque será conocida, no tendrá siempre el mismo valor. Esto se debe a que la presión en el interior del depósito variará en función de la temperatura y del grado de llenado del mismo.

A pesar de que al consumir GPL disminuya la presión en el depósito, la bomba está capacitada para suministrar el combustible a la presión deseada, pues el modelo de bomba escogido es capaz de suministrar una diferencia de presión mucho mayor de la que podría darse en el peor de los casos (la diferencia de presión capaz de suministrar la bomba es de 17,2 bar frente a la máxima diferencia de presión que puede darse que es aproximadamente de 12 bar). Ver apartado 5.3 de este capítulo, dónde se comprueba que los valores de velocidad más extremos que puedan darse están dentro de los recomendados.

Uno de los fenómenos no deseados en una bomba es la cavitación, que consiste en la formación de burbujas en el líquido, crecimiento y subsecuente colapsamiento a medida que el líquido fluye a través de la bomba. Se da cuando la presión a la entrada de la bomba alcanza el valor de la presión de vapor del líquido bombeado a la temperatura de trabajo, por lo que el líquido hierve y forma burbujas. Puede causar daños irreparables en la bomba.

Este fenómeno no puede darse en la instalación objeto de estudio, pues la presión en el depósito (tubería de aspiración) será siempre mayor que la presión de vapor para cualquiera de las temperaturas que puedan darse en él. Puede verse en la figura I.3.5.12 dónde se muestra el diagrama de

equilibrio para la mezcla propano-butano, como para la situación más desfavorable que pueda darse, presión mínima de trabajo ($P = 1,2$ bar) y temperatura mínima ($T = 0^{\circ}\text{C}$), siempre existirá fase líquida en el depósito.

Además la tubería de aspiración de la bomba (con tubo buzo) llega prácticamente hasta el fondo del depósito (a 20 mm del fondo del mismo), por lo que aunque si la mayor parte del contenido del depósito estuviese en estado gaseoso (el nivel mínimo de combustible líquido permitido es del 20%), la tubería de aspiración seguiría tomando siempre GPL en fase líquida.

4.2.4. Bypass de la bomba (D)

En esta línea devuelve al depósito el GPL que no ha sido enviado hacia el surtidor por la bomba. Puede ser retornado al depósito por dos motivos: por un exceso de presión en la conducción, por lo que el GPL de la conducción se encontrará en fase líquida, o por la aparición de pequeñas burbujas de gas en la tubería de aspiración (muy poco probable), por lo que el combustible estará en fase gaseosa.

El diámetro de esta línea vendrá dado por la válvula de bypass instalada, que será la recomendada por la empresa que suministrará la bomba y tendrá un valor de 3/4".

El combustible se desplazará por esta tubería solo cuando entre en funcionamiento la válvula de bypass. Se moverá por el interior de ella gracias a la sobrepresión que se creará en la tubería cuando el GPL sea enviado desde la bomba hacia la misma. Por tanto el valor de la velocidad en el interior de la conducción vendrá determinado por el caudal de GPL que deje pasar la válvula de bypass.

La presión en la tubería será prácticamente igual a la de la tubería de descarga de la bomba.

4.2.5. Retorno del surtidor (E)

Mediante esta línea retorna al depósito el GPL que no ha sido suministrado a los vehículos por el surtidor. El GPL de esta conducción se encontrará mayoritariamente en estado líquido (GPL no suministrado al vehículo) pero pueden encontrarse pequeñas porciones de gas (GPL gaseoso separado en el surtidor por el sistema desgasificador existente en su interior).

El diámetro de esta línea vendrá dado por la conexión de retorno de combustible del surtidor, que es de 1 ¼". El combustible se desplazará por la tubería solo cuando entre en funcionamiento el surtidor y lo hará gracias a la sobrepresión que se creará en la tubería cuando sea enviado GPL no suministrado desde el surtidor hacia la misma. Esta presión será la que condicione la velocidad en el interior de la conducción.

La presión en la tubería será prácticamente la misma que la existente en la entrada del surtidor.

4.2.6. Válvulas de seguridad (F)

Mediante esta línea se evacuará GPL cuando se den en el depósito presiones mayores que la presión de tarado de las válvulas de seguridad (20 bar). El GPL de esta conducción se encontrará en estado gaseoso, pues está conectada a la fase gaseosa del depósito.

El diámetro de esta línea vendrá dado por la conexión con las válvulas de seguridad, que será de 2 ½". Estas válvulas serán capaces de descargar una cantidad de combustible determinado en un tiempo dado (Ver anexo 3).

El combustible se desplazará por la tubería solo cuando entren en funcionamiento las válvulas de seguridad. La velocidad en la tubería vendrá determinada por el caudal de descarga de las válvulas de seguridad, mientras que la presión variará a lo largo de la tubería a medida que se vaya despresurizando el combustible, partiendo de la presión existente en el depósito hasta tomar el valor de presión atmosférica.

4.2.7. Purga superior (G)

Mediante esta línea se realizará la operación de drenaje del depósito, además de la evacuación de GPL al exterior en otras situaciones que lo requieran.

Esta línea se puede dividir en dos tramos: en el primero de ellos el combustible se encontrará siempre en estado líquido, mientras que en el segundo (zona donde se acumulará la parte de combustible a evacuar) el GPL estará inicialmente en estado líquido y a medida que se va expulsando GPL al exterior irá pasando a estado vapor el combustible que queda en la tubería. Para más información acerca de la operación de drenaje del depósito

ver apartado 3.2. “Drenado del Depósito” en el capítulo 4 “Protocolo de Funcionamiento”.

El combustible se desplazará por la tubería de diámetro 1¼” solo cuando se realice la operación de drenado. La distancia a recorrer es muy corta y el GPL será impulsado por la sobrepresión existente en el depósito, por lo que la velocidad no será un factor determinante. En cuanto a la presión, en el primer tramo será igual a la presión existente en el depósito, mientras que en el segundo, variará desde dicha presión hasta alcanzar el valor de presión atmosférica, a medida que se vaya saliendo el combustible de la conducción.

4.2.8. Prueba métrica (B')

A través de esta línea se realiza el envío de GPL gaseoso al compresor para llevar a cabo el vaciado de la bombona en la prueba métrica de combustible.

El diámetro de esta conducción viene dado por el elemento B'1 para la conexión con la manguera de la prueba métrica.

El fluido circulará a través de esta tubería gracias a la succión de combustible producida por el compresor, por lo que será este el que determinará la velocidad del gas en la conducción. En cuanto a la presión de la línea será prácticamente igual a la presión existente en el depósito, pues esta línea está conectada a la línea B correspondiente al retorno de la cisterna, que parte del mismo.

4.2.9. Prueba métrica (E')

A través de esta línea se realiza el retorno de combustible líquido desde la bombona de la prueba métrica hacia el depósito.

El diámetro de esta conducción viene dado por el elemento E'.1 necesario para la conexión con la manguera de la prueba métrica.

El fluido circulará a través de esta tubería gracias a la introducción de “nuevo combustible” (impulsado por el compresor) en la bombona de prueba métrica. La velocidad del GPL en esta línea será prácticamente igual a la de la línea B', pues es el compresor el que determina el caudal de carga y con ello de descarga de la bombona de prueba métrica.

En cuanto a la presión de la línea será prácticamente igual a la presión existente en la bombona de prueba métrica, que será la que sea capaz de suministrar el compresor.

5. DIMENSIONAMIENTO

5.1. Longitud

Para el cálculo de la longitud total de cada una de las tuberías se han hecho las siguientes aproximaciones:

- ▶ Para la longitud de las válvulas y elementos similares se ha tomado un valor de 150 mm.
- ▶ Para los codos se ha tomado una longitud de 100 mm.
- ▶ Para elementos específicos como la bomba, la válvula de bypass o el tubo de venteo se ha tomado el valor real.

Se recogen en la siguiente tabla las longitudes totales de todas las líneas.

Tabla I.3.5.5:
Longitud total de las líneas de tuberías

LÍNEA DE TUBERÍA	LONGITUD TOTAL (mm)
A: Boca de Carga	10.808,5
B: Retorno de la cisterna	9.858,5
B': Prueba métrica	7.286,5
C: Bomba	16.423
D: Bypass	1.950
E: Retorno del surtidor	13.095
F: Válvulas de seguridad	7.414
G: Purga	4.314

Para conocer la longitud de cada uno de los tramos de cada línea de tubería y el trazado de las mismas ver plano N° 8.

5.2. Diámetro

Los diámetros de todas las conducciones de las líneas de tuberías de la instalación se encuentran recogidos en tabla I.5.3.3 de este capítulo.

5.3. Espesor

El espesor de las tuberías vendrá dado por el valor de presión para el cual se diseñen las mismas. En el presente caso se establecerá un valor de presión de diseño común para todas las tuberías que será de 13 bar, ya que es máximo valor que puede darse en los distintos puntos del sistema para trabajar con seguridad. Pueden verse las presiones establecidas para las distintas partes del sistema en el apartado 4.1.2. “Presión” del capítulo 4.1. “Condiciones de operación del sistema y de las líneas de tuberías”.

Para dicho valor de presión el modelo de tubería escogido es el de Schedule 160 para todos los casos, excepto para el de la línea de las válvulas de seguridad (línea F), que será el XXS. Todas ellas serán capaces de soportar una presión de 13,750 bar para un rango de temperatura de trabajo de - 29 a 48 °C; por lo que el modelo escogido además de cumplir con las condiciones establecidas de presión y temperatura deja un margen para poder trabajar con total seguridad en la instalación.

Pueden verse las tablas dónde se recogen las características de las tuberías en el anexo 11.

5.4. Velocidad en tuberías

La única línea de la que habrá que estudiar la velocidad, es la línea C correspondiente a la bomba, que es la encargada de transportar el GPL líquido impulsado por la bomba hacia el surtidor. Lo que se hará es comprobar que la velocidad del combustible se encuentra dentro de los valores recomendados para las situaciones más desfavorables.

Se representan en la siguiente figura las dos situaciones más extremas que pueden darse, de máxima y mínima velocidad.

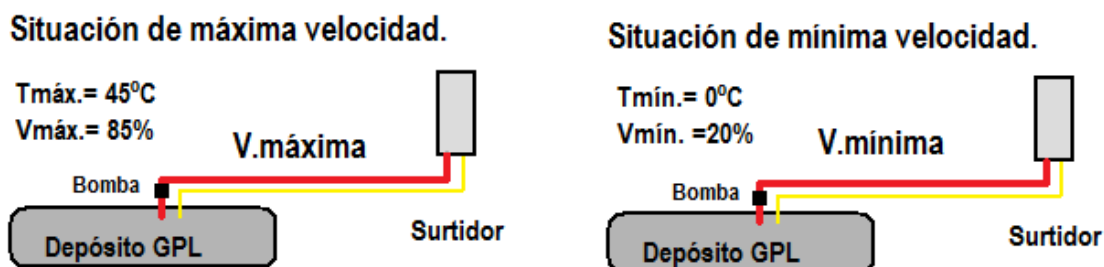


Figura I.3.5.15: Situaciones de máxima y mínima velocidad en la línea de la bomba.

Si la velocidad en estas dos situaciones está dentro de los valores recomendados, en todos los casos intermedios que puedan darse también lo estarán. La velocidad recomendada para el GPL líquido a la salida de la bomba oscila desde los 0,6 a los 7,5 m/s.

Una vez calculados los valores de velocidad para las dos situaciones más extremas ($V_{\min.} = 0,62 \text{ m/s}$ y $V_{\max.} = 3,81 \text{ m/s}$) se comprueba que los valores están dentro de los recomendados. Pueden verse los cálculos en el anexo 2.

5.5. Pérdidas de carga en la línea de la bomba

La única línea en la que habrá que calcular las pérdidas de carga será en la línea de la bomba, ya que habrá que comprobar que la bomba es capaz de suministrar el GPL a la presión deseada, por lo que habrá que tener en cuenta las pérdidas de carga que se producen en la conducción.

Una vez realizados los cálculos correspondientes (ver anexo 2) se tiene que la máxima diferencia de presión que tendrá que suministrar la bomba en los peores de los casos (teniendo en cuenta las pérdidas de carga de la conducción y sus accesorios) es de 15,0 bar. La bomba instalada es capaz de suministrar una diferencia de presión máxima de 17,2 bar, que supera al valor máximo necesario para la instalación objeto de estudio. Por queda comprobado que el modelo de bomba seleccionado será capaz de operar satisfactoriamente hasta en las situaciones más desfavorables que puedan darse en la instalación.

6. SOLICITACIONES MECÁNICAS Y TÉRMICAS

El trazado de las tuberías y su disposición está diseñado para prevenir las posibles absorciones de las solicitaciones mecánicas y térmicas, tal y como se indica en la *Norma UNE 60630 Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor*.

7. UNIONES

Las uniones son operaciones llevadas a cabo mediante herramientas específicas con el fin de ensamblar los distintos componentes que conforman una instalación, ya sean de un mismo material o distinto. Tienen una importancia vital debido a que son puntos de la instalación donde es más probable que se produzca una fuga o una avería.

Las uniones a realizar en referencia a los componentes a unir serán:

- ▶ Uniones entre tuberías.
- ▶ Uniones de tuberías con accesorios (codos, “tes”, etc.).
- ▶ Uniones de tuberías con valvulería (válvulas, manómetros, filtros, etc.).
- ▶ Uniones de tuberías con aparatos receptores (bomba y surtidor).

Las uniones entre las tuberías y con los accesorios (codos, “tes”, etc.) se harán mediante soldadura directa, todos los elementos a soldar serán del mismo material. Mientras que las uniones con la valvulería (válvulas, elementos de medida, etc.) y con los aparatos receptores (la bomba y el surtidor) se harán mediante bridas (soldadas a los tubos). Las bridas serán también del mismo material que las tuberías. Solo se realizarán uniones mediante bridas en aquellos tramos de tubería donde puedan ser inspeccionadas visualmente desde el exterior.

Por tanto los métodos de unión usados en esta instalación serán dos:

- ▶ Soldadura directa, mediante arco eléctrico (unión de tuberías con tuberías, con accesorios y con bridas soldables del mismo material).
- ▶ Mediante bridas (con la valvulería y los aparatos receptores).

Se describen a continuación con más detalle cada uno de los métodos de unión usados.

7.1.Unión mediante soldadura por arco eléctrico

El procedimiento consiste en fundir un material de aporte con el calor aparecido de un arco eléctrico entre el electrodo (material de aporte) y las piezas a unir. En este tipo de soldadura las piezas a unir serán de acero.

Los pasos para la realización de la soldadura son los siguientes:

- ▶ Realizar un achaflanado a las tuberías a unir con el fin de que la soldadura sobresalga lo menos posible.
- ▶ Limpieza de las partes a unir.
- ▶ Colocación adecuada de las piezas para formar la unión, con el fin de que la misma sea uniforme.

- ▶ Realizar la soldadura acercando el electrodo al ensamblaje de las piezas, avanzando y retrocediendo sobre la circunferencia de la unión para conseguir un buen reparto del electrodo.
- ▶ Eliminar la cascarilla formada en la soldadura y reforzar las partes donde se ha eliminado.
- ▶ Una vez realizada la soldadura, limar las asperezas producidas en la soldadura.

La soldadura se debe realizar a una temperatura ambiente superior a 5 °C, o previo calentamiento de las piezas a soldar; también se debe tener en cuenta que las piezas estén exentas de humedad, debido a que la existencia de ésta provocaría una soldadura defectuosa.

Todas las soldaduras serán radiografiadas al 100 %, aceptándose únicamente las soldaduras con clasificación de defectos 1 ó 2, según la *Norma UNE-EN 12732*. Los soldadores de acero deben haber superado las correspondientes pruebas de capacitación según la *Norma UNE-EN 287-1*.

7.2. Unión mediante bridas

Una brida consiste en un elemento de unión fabricado en acero, que por una parte está preparado para ser soldado y por otra parte está preparado para unirse a otra brida mediante tornillos.

La unión mediante bridas consiste en la unión con tornillos de dos bridas. Entre las dos bridas se intercalará una junta, que será de un material resistente al GPL.

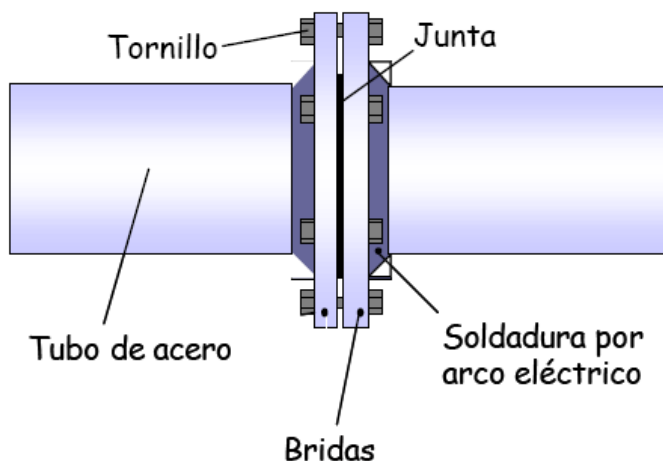


Figura I.3.5.16: Uniones mediante brida y arco eléctrico.

Este tipo de unión se usa en instalaciones de acero exteriores como la de estudio (solo está permitida en tramos vistos), donde se tiene que poder sustituir o reparar un elemento con facilidad.

8. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Las tuberías al igual que el depósito estarán sometidas a corrosión, por lo que habrá que protegerlas. La protección será distinta en función de si la tubería es aérea o enterrada. Puede verse en el apartado 2.1 y 2.2 del capítulo 3.3 “Protección contra la corrosión” el tipo de protección que se usará para cada caso.

9. IDENTIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE TUBERÍAS

Para identificar y caracterizar qué tipo de fluido circula por cada tubería, la *Norma UNE 1063* dispone los siguientes criterios:

- Un color básico, que definirá el tipo de fluido que conduce la tubería.
- Un color accesorio, que definirá las condiciones y estado de fluido que transporta.
- Signos de peligro, que se empleará en cualquiera de los dos casos anteriores, cuando sea necesario indicar la existencia de peligro proveniente del estado o naturaleza de fluido.
- Indicaciones adicionales a las normalizadas, se usarán en los casos en que sea imprescindible incorporar una mayor caracterización de los fluidos circulantes.

Se define a continuación la caracterización necesaria para las tuberías de la instalación objeto de estudio y los criterios que se han tomado en consideración para implantarla.

9.1. Colores básicos normalizados para las tuberías

Las tuberías según la *Norma UNE 1063* habrá que pintarlas exteriormente con un color identificativo según el tipo de fluido que contenga. Para el caso objeto de estudio las tuberías correspondientes a la fase gaseosa se pintarán de “amarillo vivo” mientras que las tuberías de líquido se pintarán de “rojo fuerte”.

A continuación se muestra la tabla de la *Norma 1063* que se ha tomado como referencia para hacer la elección de los colores identificativos de cada tubería, dónde pueden verse los colores definidos para cada tipo de fluido.

Tabla I.3.5.6:
Cuadro de Colores identificativos para tuberías según la Norma UNE 1063.

FLUIDO	COLOR BÁSICO	GRUPO	SUBDIVISIÓN PRIMARIA
Agua	Verde oscuro	1	1,0 Agua potable 1,1 Agua no potable 1,2 1,3 Agua depurada 1,4 Agua destilada, condensada 1,5 Agua a presión 1,6 Agua de circulación 1,7 1,8 1,9 Agua residual
Vapor	Rojo Fuerte	2	2,0 Vapor a presión 2,1 Vapor saturado 2,2 Vapor recalentado 2,3 Vapor expans. (vapor de contrapresión) 2,4 Vapor sobresaturado 2,5 Vapor distendido 2,6 Vapor de circulación 2,7 2,8 2,9 Vapor de escape
Aire	Azul moderado	3	3,0 Aire fresco 3,1 Aire comprimido 3,2 Aire recalentado 3,3 Aire acondicionado 3,4 3,5 Aire enrarecido 3,6 Aire de circulación 3,7 Aire transportado 3,8 3,9 Aire de escape
Gases para alumbrado	Amarillo vivo	4	4,0 Gas de hulla I 4,1 Acetileno 4,2 Metano 4,3 Butano I 4,4 Otros gases
Líquidos y gases químicos	Gris medio	Líquidos 5,1	5,11 Ácido sulfúrico 5,12 Ácido clorhídrico 5,13 Ácido nítrico 5,14 Otros ácidos minerales 5,15 Ácidos orgánicos 5,16 Sosa cáustica 5,17 Agua amoniacal 5,18 Otras lejías 5,19 Residuos
		Gases 5,2	5,21 Nitrógeno 5,22 Oxígeno 5,23 Hidrógeno 5,24 Otros gases 5,25 Gas de escape
Aceites combustibles y lubricantes	Pardo moderado	6	Aceites según peligro de inflamación 6,0 Peligro clase A1 (punto de inflamación < 21 °C) 6,1 Peligro clase A2 (punto de inflamación 21- 55°C) 6,2 Peligro clase A3 (punto de inflamación > 55 °C) 6,3 Peligro clase B (soluble en agua, punto de inflamación por debajo de 21 °C) 6,4 Grasas técnicas 6,5 6,6 Aceites explosivos 6,7 6,8 6,9 Residuos
Productos no especificados	Negro	7	7,0 Productos alimenticios líquidos 7,1 Soluciones acuosas 7,2 Otras soluciones 7,3 Suspensiones acuosas 7,4 Otras suspensiones 7,5 Gelatinas (colas) 7,6 Emulsiones, pastas 7,7 7,8 7,9 Residuos

9.2. Color accesorio

Los colores accesorios se plasman en las conducciones mediante la adición de anillos coloreados sobre el color básico. Dado el número creciente de tipos de fluidos transportados por tuberías, no es posible la normalización de todos los casos, como excepción la norma contempla dos casos:

- ▶ Anillo color bermellón, para caracterizar las tuberías que transportan fluidos destinados a combatir los incendios.
- ▶ Anillo azul sobre fondo básico verde, para caracterizar las tuberías que transportan agua potable.

Como ninguno de los fluidos que se transporta en la instalación corresponde a los anteriores, no será necesario poner anillos coloreados.

9.3. Indicaciones de peligro

El signo de peligro estará constituido por un anillo anaranjado con bordes negros pintado sobre el color básico, e indicará que el fluido transportado es peligroso. Puede verse en la siguiente tabla una representación de este tipo de señalización.

Tabla I.3.5.7:
Indicación de peligro en tuberías según la Norma UNE 1063.

Concepto	Colores	Aplicación
Fluido Peligroso		

Las tuberías de la instalación se señalizarán con las indicaciones de peligro apenas descritas ya que el GPL está considerado una sustancia peligrosa.

9.4. Indicaciones adicionales normalizadas

En las indicaciones industriales de importancia y sobre todo en los casos en que sea imprescindible incorporar una mayor caracterización de los fluidos circulantes, hay que agregar a los colores básicos las indicaciones siguientes:

- ▶ Naturaleza del fluido.
- ▶ Sentido de la circulación.

Estas indicaciones figurarán en las inmediaciones de las válvulas, empalmes, uniones, aparatos de servicio, etc.

Ante la imposibilidad de dar una indicación rigurosa de la naturaleza del fluido circulante, podrá identificarse del siguiente modo:

Tabla I.3.5.8:
Ejemplo de indicaciones adicionales normalizadas para el caso del GPL.

Información	GPL Líquido	GPL Gaseoso
Nombre completo	Gas del Petróleo Licuado (líquido a presión)	Gas del Petróleo Licuado (vapor a presión)
Símbolo químico	-	-
Clave (Figura I.3.5.6)	2.0. Vapor a presión	4.4. Otros gases
Abreviatura	GPL	GPL

Las letras o cifras de las indicaciones anteriores se pintan en color blanco o negro, en contraste con el color básico sobre el que vayan pintadas. Del mismo modo se pintan las flechas indicadoras del sentido de la circulación del fluido, caso de que sea necesario conocerlo.

Para el caso de estudio bastará con poner la abreviatura del fluido que contiene la tubería y una flecha que indique el sentido del flujo, pues el estado del fluido quedará identificado por el color de la tubería. Visto que los colores de las tuberías serán “amarillo vivo” (GPL gas) y “rojo fuerte” (GPL líquido), las indicaciones y las flechas se pintarán en color negro. Puede verse un ejemplo de la señalización de las tuberías en la siguiente figura:

Señalización de tuberías de GPL en estado líquido

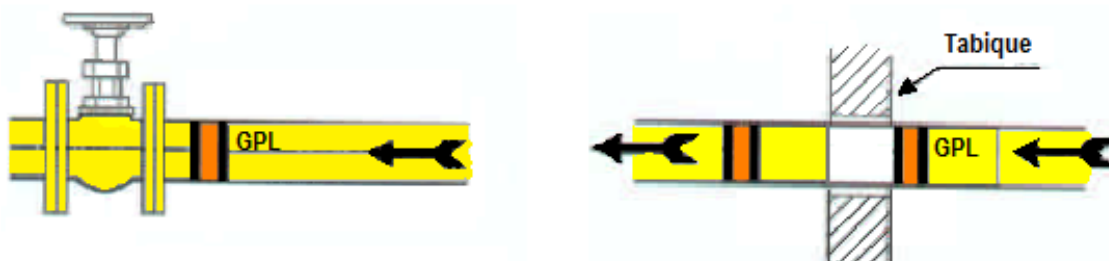


Figura I.3.5.17: Señalización de tuberías de GPL en estado líquido. Color básico, señalización de peligro, flecha sentido de flujo e identificación adicional del fluido.

3.6. BOMBA

1. Bombas centrífugas

Para la impulsión del combustible desde el depósito al surtidor, se tendrá que instalar una bomba centrífuga, debido a las características del sistema.

Existen varios tipos de bombas centrífugas, cada uno para una aplicación o situación diferente. A continuación se verán las características generales de las bombas centrífugas, cómo funcionan, las partes que la componen y los tipos que existen. De esta forma se podrá elegir después el tipo de bomba centrífuga más adecuado para la instalación objeto de estudio.

1.1. Características generales de las bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son las más usadas en la industria, debido a:

- ▶ No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- ▶ No son muy pesadas (cimentación ligera).
- ▶ Requieren poco espacio (aproximadamente 1/8 que el de la bomba de émbolo equivalente).
- ▶ La impulsión eléctrica del motor que la mueve es sencilla.
- ▶ Se adaptan con facilidad a distintas situaciones (muy versátiles).
- ▶ Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador.
- ▶ El precio es relativamente bajo (aproximadamente ¼ del precio de la bomba de émbolo equivalente).
- ▶ El mantenimiento de una bomba centrífuga es muy sencillo y económico y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

1.2. Definición, partes y funcionamiento

1.2.1. Definición

Una bomba centrífuga es un dispositivo constituido por un conjunto de paletas rotatorias perfectamente encajadas dentro de una cubierta metálica. El giro de las paletas genera una fuerza centrífuga que es capaz de impulsar al líquido contenido dentro de la cubierta.

1.2.2. Partes

A continuación se explicarán brevemente las partes de una bomba centrífuga; se clasificarán en tres grupos: elementos fijos, elementos rotatorios y otros elementos.

Elementos fijos

Carcasa

Es la parte de la bomba que cubre las partes internas de la misma, sirve como contenedor del líquido que se impulsa. Su función es la de convertir la energía cinética impartida al líquido por el impulsor en energía potencial.

Cojinetes

Constituyen el soporte y la guía de la flecha o eje. Permitirá la perfecta alineación de todas las partes rotatorias de la bomba y es también la parte de la bomba que se encarga de soportar el peso de las partes rotatorias.

Base

Es la parte de la bomba que va fijada al suelo (atornillada o soldada), con el fin de evitar vibraciones (si se produjesen podrían destruir la bomba). Todo el peso de la bomba descansa sobre esta zona.

Tubería de aspiración

Es por donde se capta el fluido para que entre en la bomba, esta parte concluye en la brida de aspiración.

Tubería de impulsión

Es por donde sale el fluido impulsado hacia el exterior, inicia en la brida de impulsión.

Elementos rotatorios

Flecha o eje

Es una pieza de forma tubular en la que se sujetan todas las partes rotatorias de la bomba. Sirven para mantener la alineación de éstas y para transmitir el toque de giro.

► **Impulsores**

Se encuentra dentro de la carcasa de la bomba y es el elemento más importante de la misma. Su función es la de recoger el líquido por la boca aspiración de la bomba e impulsarlo hacia la salida de la bomba. Para hacer esto el impulsor dispone de álabes, gracias a los cuales el impulsor es capaz de darle velocidad de salida al líquido.

■ **Otras partes de las bombas centrífugas**

► **Anillos de desgaste**

Cumplen la función de aislantes a la fricción en aquellas zonas en donde se produciría desgaste debido a las cerradas holguras entre las partes fijas y rotatorias de la bomba.

► **Estoperas, empaques y sellos**

Tanto las estoperas, como el prensa-estopa, le dan presión a la estopa o empaquetadura para evitar el escape del líquido. Estas partes de la bomba evitan el escape del flujo, aunque a veces se permiten pequeños escapes con fines de enfriamiento.

Los sellos mecánicos son partes metálicas de bomba que permiten el acople de diferentes partes de la bomba sin que se de escape de fluido.

1.2.3. Funcionamiento

En las bombas centrífugas el líquido entra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor. Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje.

La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación.

En la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzado el líquido contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

1.3. Tipos de bombas centrífugas

Existen muchas formas distintas para clasificar las bombas, a continuación se muestran algunas de ellas.

En función de su diseño hidráulico:

1.3.1. Bomba tipo voluta

La carcasa en este tipo de bombas es de voluta o espiral y no tienen paletas difusoras.

1.3.2. Bombas de difusor o bombas-turbina

Este tipo de bomba se caracteriza por poseer fijas a la carcasa paletas que direccionan del flujo.

1.3.3. Bomba vertical y horizontal

El eje de rotación de una bomba puede ser horizontal o vertical, (rara vez inclinado). De esta disposición se derivan diferencias estructurales en la construcción de la bomba y de aplicación, que suelen ser, a menudo, distintas y bien definidas.

Bombas horizontales

La disposición del eje de giro horizontal presupone que la bomba y el motor se hallan a la misma altura; éste tipo de bombas se utiliza para funcionamiento en seco, donde el fluido llega a la bomba por medio de una tubería de aspiración.

- Ventajas: Son más baratas que las verticales y su mantenimiento y conservación son mucho más sencillos y económicos.
- Inconvenientes: No son autocebantes.

Bombas verticales

Las bombas con eje de giro en posición vertical tienen casi siempre el motor a un nivel superior al de la bomba, por lo que es posible que la bomba trabaje rodeada por el líquido a bombear.

- Ventajas: son autocebantes.
- Inconvenientes: Son más complejas y costosas que las horizontales.

► **Bombas verticales de funcionamiento en seco**

También llamadas bombas centrífugas regenerativas, son bombas verticales no sumergidas; el motor puede estar inmediatamente sobre la bomba o muy por encima de ésta. La aspiración puede ser lateral o por debajo.

- Ventajas: autocebantes, requieren muy poco espacio horizontal.

► **Bombas verticales sumergidas**

En estas bombas el impulsor se halla continuamente, aún parado, rodeado por el líquido a impulsar, estando en disposición de funcionar en cualquier momento y eliminando el inconveniente del cebado. La aspiración, es siempre por abajo y se hace a una cierta profundidad con respecto al nivel libre del líquido.

- Ventaja: Son autocebantes y ocupan además un espacio horizontal mínimo, sólo el necesario para acomodar el motor vertical y la impulsión, siendo incluso ésta a veces subterránea.
- Inconvenientes: son caras y su mantenimiento mucho más elevado, ya que cualquier reparación exige el desmontaje de la bomba para izarla a la superficie.

Los tipos más importantes de bombas verticales sumergidas son: las bombas de turbina verticales o de pozo profundo, las bombas de hélice y las bombas de voluta sumergidas.

1.3.4. Bomba con impulsor de flujo axial, radial y mixto

Esta clasificación se hace en función de la dirección en la que se mueve el fluido dentro de la bomba.

En las bombas centrífugas radiales la corriente líquida se verifica en planos radiales, en las axiales en superficies cilíndricas alrededor del eje de

rotación y en las diagonales se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto.

1.3.5. Bombas de impulsor abierto, semiabierto y cerrado

Teniendo en cuenta su diseño mecánico o estructural, se pueden distinguir tres tipos de impulsores:

► Impulsores abiertos

Los álabes desnudos van unidos únicamente al eje de giro y se mueven entre dos paredes laterales fijas, pertenecientes a la carcasa de la bomba.

Los impulsores abiertos se utilizan en algunas bombas radiales pequeñas y para el bombeo de líquidos abrasivos.

► Impulsores semiabiertos

Los impulsores con una sola pared lateral, que siempre es la posterior; se emplean con cierta frecuencia en las bombas de flujo mixto y todas las axiales.

En la práctica no se hace distinción entre impulsores abiertos y semiabiertos, designando a ambos como abiertos, en oposición a los cerrados.

► Impulsores cerrados

Los impulsores cerrados tienen los álabes colocados entre dos paredes laterales, de aspiración y posterior.

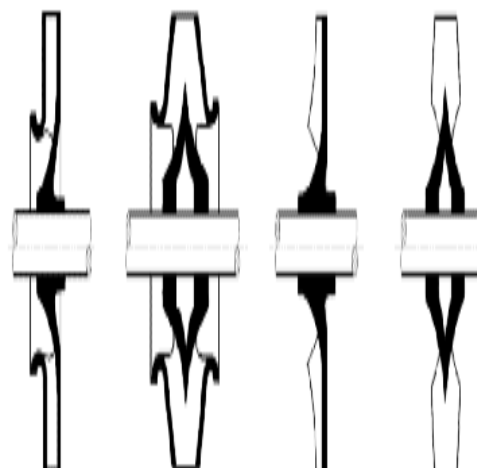


Figura I.3.6.1: Tipos de impulsores: Cerrado, de doble aspiración, semiabierto y abierto.

2. Estudio de las posibles bombas a instalar

Existen diferentes tipos de bombas que pueden instalarse en estaciones de servicio como la de estudio. La elección de una u otra condicionará las obras civiles, e implicará la necesidad de instalar o no una serie de elementos auxiliares esenciales para su correcto funcionamiento.

A continuación se describen los tres tipos de bombas que pueden instalarse en la estación de servicio objeto de estudio y los elementos necesarios para la instalación y el correcto funcionamiento de cada una de ellas.

2.1. Bomba centrífuga horizontal

Es el tipo de bombas que se instalaban en las primeras áreas de servicio de GPL en Europa. Hoy día gran parte de las estaciones de servicio tienen este tipo de bomba, aunque en las nuevas estaciones ya no se instalan.

Este tipo de bomba se coloca por debajo del nivel del depósito, dentro de la “sala de bombas”, que es una cuba de hormigón armado donde se ubican los equipos y elementos necesarios para la impulsión de GPL. Estos elementos y equipos son: la bomba de impulsión de GPL, el aspirador de vapores y el sistema de alarma para indicar eventuales fugas de gas.

En este caso, como la salida de la fase líquida se encuentra en la zona inferior del depósito, habría que instalar dos tramos más de tuberías: uno que va desde la salida de la fase líquida (en la parte inferior del depósito) hasta la tubería que va hacia el surtidor y otro para el by-pass, que va desde la bomba hacia una tubuladura en la parte superior del depósito. Todos estos elementos aumentarían los costes, tanto en obra civil, como en compra y mantenimiento de equipos.

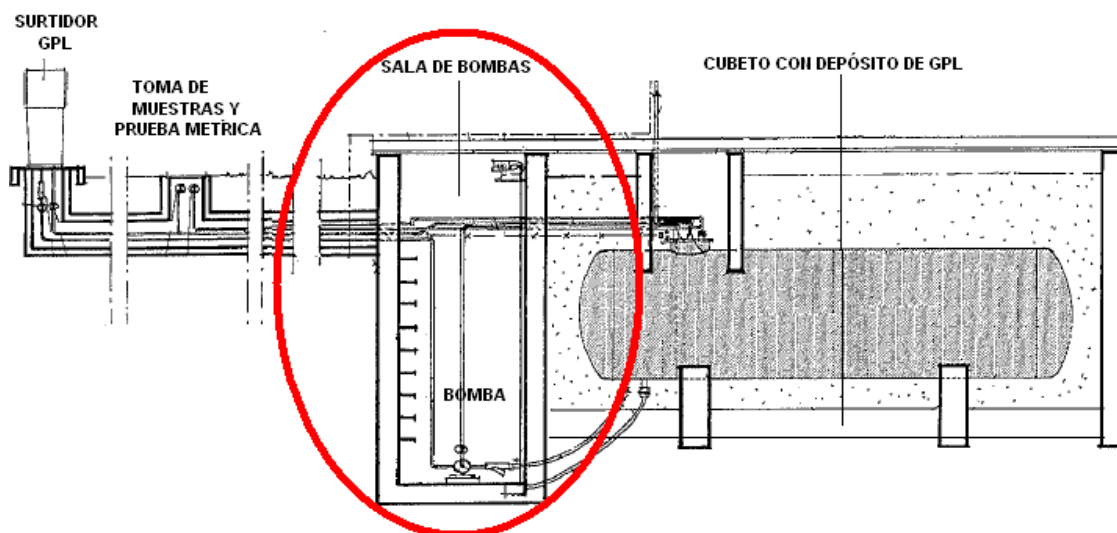


Figura I.3.6.2: Bomba centrífuga horizontal instalada dentro de la “sala de bombas”.

La ventaja de instalar este tipo de bomba es que es el modelo más económico, pero tiene el inconveniente, como se ha dicho anteriormente de que los costes derivados de su instalación (obras y equipos secundarios) son muy altos.

Por el otro lado, se tiene que las revisiones y posibles reparaciones serán fáciles de realizar, ya que se tiene fácil acceso a los equipos. Mientras que al ser el sistema en conjunto más complejo (en cuanto a trazado y a número de equipos) existirá mayor probabilidad de averías y mayor número de revisiones a realizar.

2.2. Bombas verticales sumergidas

Las bombas sumergidas fue el siguiente modelo que empezó a usarse en las estaciones de servicio de GPL, y que hoy día aún se instala.

Para instalarlas, se coloca el cabezal de la bomba en una de las tubuladuras de la zona superior del depósito (tubuladura de impulsión), quedando la bomba dentro del depósito, en contacto directo con fluido.

Por ello, este tipo de bombas tiene la ventaja de que siempre trabaja en carga, por lo que no dan problemas de descebamiento.

Además, para sus revisiones y averías se puede extraer fácilmente la bomba del colector que la contiene, sin ser necesario el vaciado del depósito.

Otra de las ventajas es que ocupa muy poco espacio (lo mismo que un medidor de nivel), instalándose directamente sobre la tubuladura, por lo que no es necesaria la construcción de una “sala” específica para albergarla, ni son necesarios los equipos que se han nombrado para el caso anterior.

En cambio si será necesaria la instalación de un desgasificador, ya que muy a menudo se forman burbujas de aire que provocan el mal funcionamiento del resto de los equipos, por lo que hay que eliminarlas.



Figura I.3.6.3:
Bomba vertical
sumergida.

El inconveniente de este tipo de bombas es que tienen un mecanismo muy complejo (mucho más que las del caso anterior), lo que hace que a menudo den problemas de funcionamiento y que tengan un tiempo de vida relativamente corto. Lo que implica paradas en el suministro de varios días en caso de avería o sustitución.

En cuanto al coste, son mucho más caras que las bombas centrífugas y aunque su instalación sea más económica, su manutención es bastante costosa.

Puede verse en la siguiente figura la instalación de este tipo de bombas en el depósito.

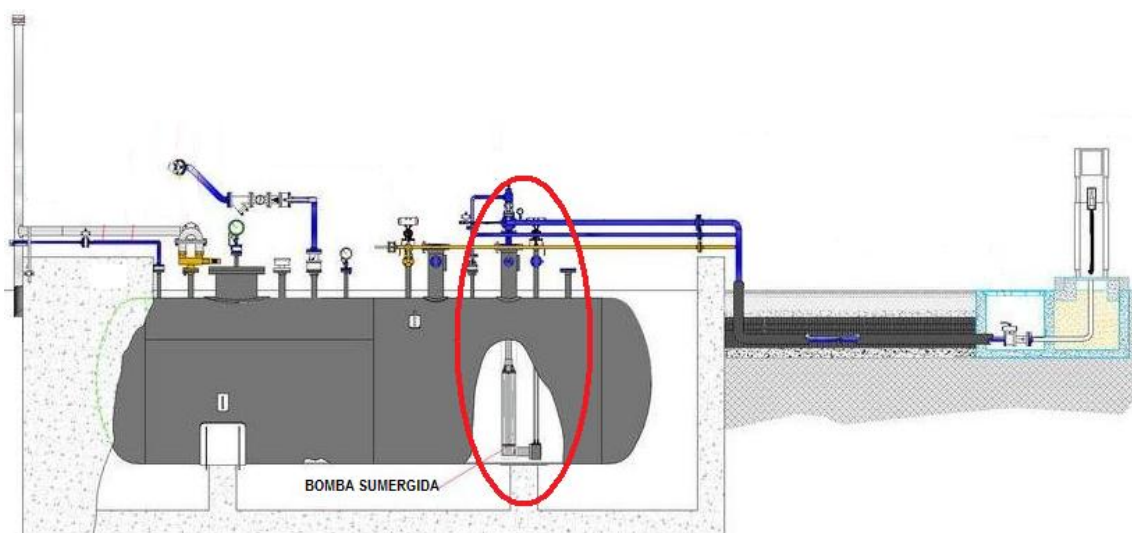


Figura I.3.6.4: Instalación de bomba vertical sumergida en el depósito.

2.3. Bombas centrífuga vertical de funcionamiento en seco

También llamada bomba centrífuga regenerativa, son las que se están instalando en las áreas de servicio de reciente construcción, debido a sus numerosas ventajas. Se están usando incluso para la sustitución de las bombas centrífugas y las sumergidas que no han dado buen resultado, ya que se pueden colocar tanto arriba como abajo del depósito.

Se muestran en la figura I.3.6.6 las posibles formas de instalar la bomba en función de su posición con respecto al depósito de almacenamiento.



Figura I.3.6.6: Instalación de bomba centrífuga regenerativa por encima y por debajo del nivel del depósito.

Siempre que sea posible, se colocara la bomba por encima del depósito, sobre dos vigas de acero o sobre una placa de hormigón que le servirán de fijación. Esta sujeción debe ser lo bastante fuerte para que no se produzcan vibraciones.

Para ello se anclará primero la bomba y el motor eléctrico a una placa de acero mediante pernos, para posteriormente fijar ésta, también mediante pernos a las vigas de acero o la placa de hormigón. Ver figura I.3.6.7.



Figura I.3.6.7: Bomba centrífuga regenerativa sobre el depósito, fijada en vigas de acero.

Este tipo de bombas son exteriores, es decir, no se encuentran sumergidas en el fluido, lo que aumentará su tiempo de vida y facilitará sus revisiones y la reparación de posibles averías.

Además son bombas autocebantes, incluso cuando se colocan por encima del nivel del depósito, ya que constan de un tubo de aspiración que llega casi al fondo del depósito, que permanecerá siempre lleno de fase líquida.

No es necesaria la construcción de una “sala” específica para albergarlas, ni de equipos auxiliares, como desgasificadores, aspiradores de gas, detectores de escapes, tramos extras de tuberías, etc. lo cual reduce mucho su coste de instalación y mantenimiento.

Proporcionan una diferencia de presión mucho mayor que la de las bombas sumergidas (de 15 bar frente a 7.5 bar de las sumergidas).

Su tiempo de vida es mucho más largo que el de las sumergidas, y son mucho más económicas que éstas.

A continuación se muestran en la siguiente tabla las características más importantes de los tres tipos de bombas mencionadas.

Tabla I.3.6.1:
Principales características de las bombas para estaciones de servicio de GPL.

TIPO DE BOMBA	Centrifuga horizontal	Vertical Sumergida	Centrífuga regenerativa
Ubicación	Exterior: bajo el nivel del depósito	Dentro del depósito	Exterior: sobre o bajo el nivel del depósito
Problemas cebamiento	Sí	No	No
Instalación	Compleja	Media	Simple
Accesibilidad	Fácil	Media	Fácil
Manutención	Media	Difícil	Fácil
Presión diferencial	Baja - Media	Media	Alta
Tiempo de vida	Alto	Bajo	Alto
Coste bomba	Bajo	Alto	Medio
Coste equipos secundarios	Alto	Medio	Bajo
Coste manutención	Medio	Alto	Bajo
Seguridad	Alta	Media	Alta

3. Elección

Una vez vistas las principales tipologías de bombas existentes en el mercado para el suministro de GPL, se elige para la estación de servicio objeto de estudio una bomba “centrífuga vertical de funcionamiento seco”.

El modelo exacto elegido es el “Corken Coro-Flo ® FF150” de la casa comercial “Corken”, que incluye: la bomba, el motor eléctrico (7,5 hp), las juntas elásticas y la válvula de bypass. De este modo se podrá realizar el montaje completo y correcto de la bomba.



Figura I.3.6.8: Bomba centrífuga vertical de funcionamiento seco. Modelo “Corken Coro-Flo®FF150” de “Corken”.

3.1. Características de la bomba

La bomba “Corken Coro-Flo ® FF150” es una bomba de turbina regeneradora, también llamada bomba vertical de funcionamiento en seco. Es una variante de la bomba centrífuga y se puede desarrollar en ella una presión varias veces superior a la obtenida por una bomba centrífuga ordinaria de tamaño equivalente. Esto se debe al tipo de impulsor y al modo de presurizar el fluido (ver apartado 3.2 “Funcionamiento de la bomba”).

La potencia y la diferencia de presión generada por esta bomba son similares a las de una bomba de desplazamiento positiva. En el mismo modo que la diferencia de presión aumenta, la potencia también aumentará y la capacidad disminuirá.

Para mayor información acerca de la bomba escogida, ver su ficha técnica en el anexo 14.

Se recogen en la siguiente tabla las características principales de la bomba escogida:

Tabla I.3.6.2:
Características generales de la bomba Corken Coro –Flo FF150.

CARACTERÍSTICAS GENERALES
Bomba de turbina regeneradora
Impulsor flotante
Bajo mantenimiento
Rango de flujo: 10-58 gpm (37.9-219.6 l/minuto)
Máxima presión diferencial: 250 psi (17.2 bar)
Máxima potencia: 20 hp (14.9 kW)
Capacidad de ciclo Dual: 2880 r.p.m para 50 Hz

3.2. Funcionamiento

El fluido que entra en la bomba por la tubería de aspiración es captado por el impulsor, donde la corriente de flujo se divide en dos. A cada lado del impulsor el fluido comienza a hacer un movimiento en espiral siguiendo una trayectoria circular. Finalmente el fluido sale impulsado por la tubería de descarga con mayor energía que con la que entró. Para posibles aclaraciones sobre este movimiento ver figura I.3.6.9.

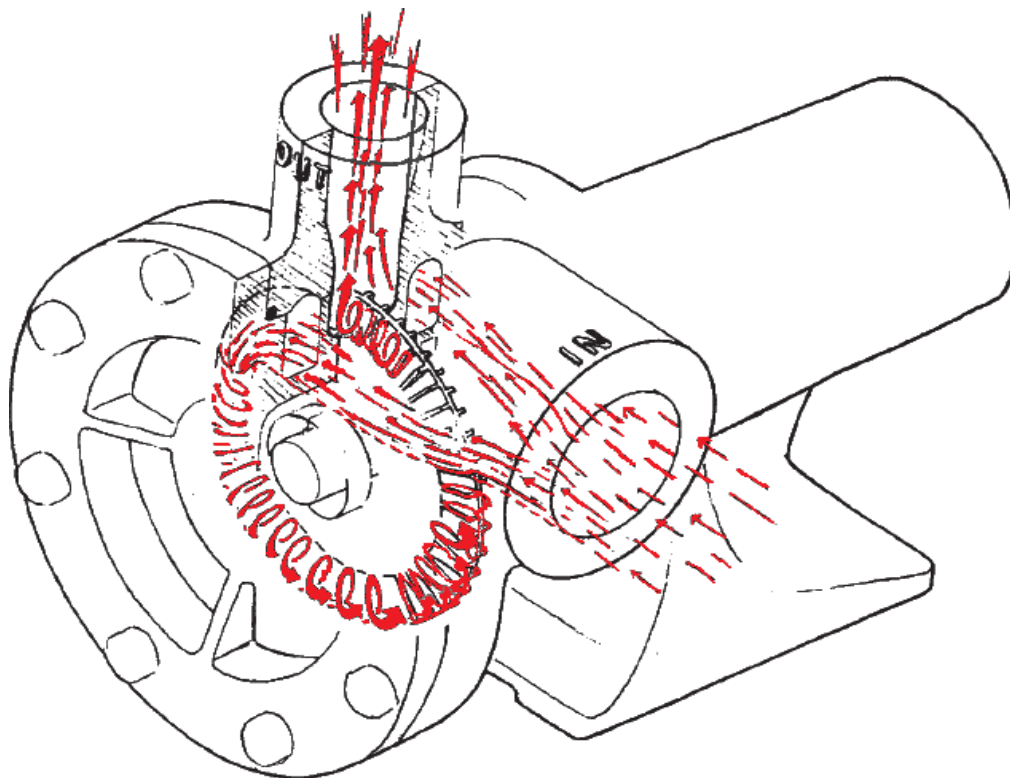


Figura I.3.6.9: Movimiento del fluido dentro de la bomba.

Como en toda bomba centrífuga, el fluido se acelera para convertir la energía cinética en energía potencial. Esta bomba se diferencia de las demás en que rompe el proceso de presurización o aceleración en docenas de etapas separadas: el fluido es ligeramente acelerado y presurizado con cada vuelta entre los álabes del impulsor.

Después de que el fluido haga una revolución casi completa dentro de la bomba, es enviado hacia fuera, teniendo una presión de descarga más alta que la de succión.

En el caso de que existiesen vapores en la tubería de descarga, estos se reintroducirían en el depósito gracias al sistema de bypass. Este sistema está formado por una tubería que inicia en la tubería de impulsión y retorna al depósito (línea D) y por la válvula de bypass “B166 BYPASS VALVE”, de la que pueden verse sus características en el anexo 14.

El impulsor es la única parte móvil de la bomba; éste flota sobre el eje y no tiene ningún contacto metal-metal con la cubierta, lo que le dará un mayor tiempo de vida y hará más fácil su sustitución.

Este modelo dispone además de conexiones para dos manómetros, uno en la zona de aspiración y otro en la zona de impulsión. Pudiendo hacer así lecturas de presión para corroborar el buen funcionamiento de la misma.

Debido a su diseño mecánico esta bomba permite un fácil y rápido acceso para la revisión, reparación y sustitución del impulsor o de la flecha, basta con quitar la carcasa metálica. Además no es necesario desinstalarla para su inspección o reparación.

Con este diseño único, la bomba se ha ganado la reputación de ser un dispositivo fiable, de bajo y duradero mantenimiento.

Para mayor información acerca de la bomba (dimensiones, características, etc.) ver anexo 14.

3.3. Instalación fluidodinámica

Para el buen funcionamiento de la bomba se precisa de la instalación de una serie de elementos en las tuberías de entrada y salida de la bomba, y también en la línea de bypass; se enumeran a continuación:

- ▶ Entrada de la bomba: Válvula de intervención (elemento C.1) y válvula antirretorno (elemento C.2).
- ▶ Salida de la bomba: Válvula antirretorno (elemento C.4), válvulas de intervención (elementos C.5 y C.6) y manómetro (elemento C7).
- ▶ Bypass: Válvula de intervención (elemento D.1) y válvula de bypass (elemento D.2).

La instalación de estos accesorios podrá verse con más detalle en el apartado 3.5. “Red de tuberías”, dónde se detalla la valvulería del sistema.

3.4. Dimensiones

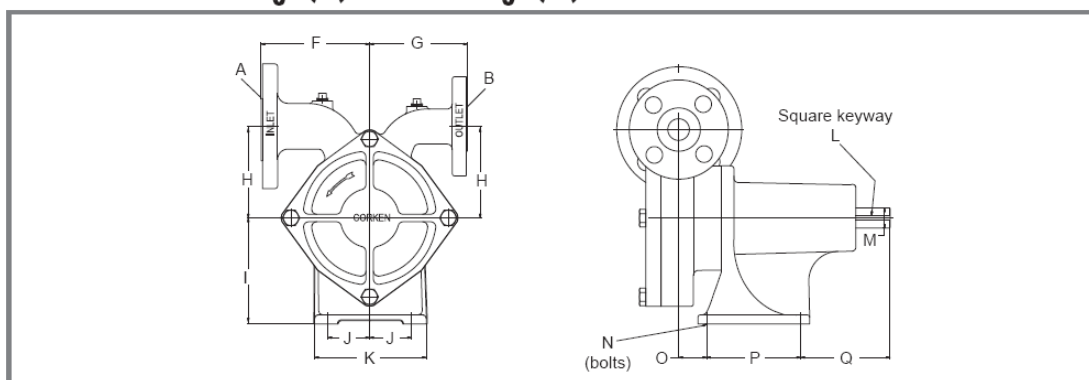
En la siguiente figura se pueden ver las dimensiones generales de la bomba.

CORKEN
A Unit of IDEX Corporation

LPG Coro-Flo® Pumps

075- and 150-Models—Outline Dimensions

Frame Mount ANSI Flange (FF) and DIN Flange (FD)



Flange Dimensions		
Model	A (inlet)	B (outlet)
FF075 & FF150	1-1/4" ANSI 300#	1-1/4" ANSI 300#
FD075 & FD150	DIN 2635, 40 PN, 32 mm	DIN 2635, 40 PN, 32 mm

Outline Dimensions—Inches (Centimeters)											
F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
5-5/16 (13.57)	4-13/16 (12.23)	4-1/2 (11.43)	5-13/64 (13.22)	2-1/16 (5.24)	5-1/2 (13.97)	1/4 (0.63)	1 diameter (2.54)	3/8 bolts (0.95)	1-3/8 (3.50)	4-5/8 (11.75)	4-3/8 (11.18)

Figura I.3.6.10: Dimensiones de la bomba.

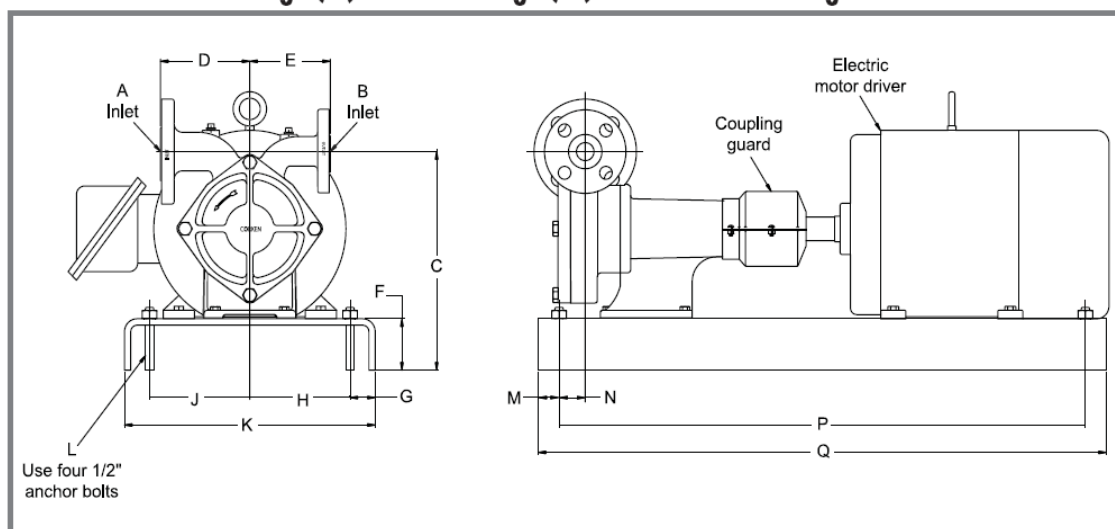
3.5. Instalación mecánica

Para una instalación correcta de la bomba se deben cumplir dos condiciones:

- ▶ Ser lo bastante rígida como para evitar vibraciones (que ocasionarían su mal funcionamiento y la destruirían).
- ▶ El sistema de anclaje debe ser de fácil montaje y desmontaje para que tanto la bomba como el motor sean fácilmente removibles.

En este caso la bomba y el motor eléctrico irán montados sobre una misma base de acero o hierro fundido (placa de solera), a la que se unirán mediante pernos de anclaje. Al estar situadas sobre la misma base, la alineación de ambos será más fácil. Puede verse la instalación sobre la base y las dimensiones de ésta en la siguiente figura.

Frame Mount ANSI Flange (FF) and DIN Flange (FD) with -101 Mounting



Outline Dimensions For 182T-256T Frame-Inches (centimeters)											
D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
5-11/32	4-13/16	3	1-1/2	6	6	15	1/2 Bolts	1-1/4	1-9/16	31-1/2	34
(13.57)	(12.23)	(7.62)	(3.81)	(15.24)	(15.24)	(38.10)	(1.27)	(3.17)	(3.97)	(80.01)	(86.36)

Figura I.3.6.11: Montaje de la bomba y el motor eléctrico sobre placa y dimensiones.

El conjunto de bomba-motor unido a la placa de solera, se anclará a una placa de hormigón (como se indica en la *Norma UNE 60630*) situada perpendicular al depósito y anclada a la cubeta donde se aloja el depósito.

4. Bypass

4.1. Características de la válvula de By-pass

Para el correcto funcionamiento de toda bomba de llenado y para cumplir con la *Norma UNE 60630*, es necesaria la instalación de una válvula de bypass en el sistema. Su función habitual es hacer retornar GPL al depósito cuando se presentan presiones más altas de las recomendables. En este caso, debido al modelo de válvula escogido, también actuará como desgasificador de la fase líquida que se impulsará hacia el surtidor.

La válvula de bypass escogida es el modelo “B166 Bypass Valve (3/4”)” del mismo fabricante de la bomba usada, “Corken”. Es una válvula de desvío automático de doble función, es decir, es una combinación de válvula de desvío y de cebado, y está específicamente diseñada para bombas de tipo turbina regenerativa, como la escogida.



Figura I.3.6.12: Válvula de bypass, modelo B166 Bypass Valve.

El sistema de eliminación de vapor mantiene las bombas de gas licuado cebadas para aumentar la confiabilidad del sistema y disminuir el desgaste de la bomba y el sello. Ésta válvula tiene una operación de desvío uniforme con una caída de presión moderada.

Para mayor información acerca de la válvula de bypass ver el anexo 14.

4.2. Instalación

Esta válvula se instalará en la línea D, que parte de la tubería de impulsión y retorna al depósito. Devolviendo así al depósito parte del líquido si fuese necesario bajar un exceso de presión (actuando como desvío) o el vapor que no debe llegar al surtidor (actuando como desgasificador).

3.7. SURTIDOR

1. REQUISITOS

El surtidor para la estación de servicio objeto de estudio solo tendrá que cumplir dos requisitos indispensables:

- ▶ Tener un único “equipo de suministro”.
- ▶ Cumplir con la *Norma UNE 60630*; que en su apartado 5.2 hace referencia a los requisitos de obligado cumplimiento en cuanto a las características y a la instalación de los aparatos suministradores.

El resto de factores que afectarán a la elección de un modelo u otro serán de tipo funcional o de diseño; pero no serán en ningún momento factores determinantes. Se enumeran a continuación algunos de ellos:

- ▶ Se prefiere que las mangueras estén situadas en los laterales, ya que es la posición más segura.
- ▶ En cuanto al diseño exterior se buscará un modelo con una buena distribución de las distintas partes del surtidor, en el que se tenga fácil acceso a ellas, para poder llevar a cabo las posibles revisiones y reparaciones.
- ▶ Se intentará que el surtidor tenga el mínimo consumo eléctrico posible.




2. TIPOS

Existen diversos tipos de surtidores para el suministro de GPL a vehículos. Normalmente los elementos que los diferencian son:

- ▶ Número de equipos suministradores: mangueras y contadores.
- ▶ Diseño exterior: Tamaño, forma, posición de mangueras y contadores.
- ▶ Cabezal: De señalización mecánica, electrónica o electrónica HT-TE.
- ▶ Consumo: en Watios.

En la siguiente tabla pueden verse los tres modelos que comercializa uno de los fabricantes de surtidores de GPL más importantes a nivel europeo, en el que se indican sus características principales. Los tres modelos cumplen con lo indicado en la *Norma UNE 60630*.

Tabla I.3.7.1:
Características de los surtidores de GPL de la casa comercial *Tecnogas*.

MODELO	LPG 6000P	LPG 6000DP	LPG 6000BP
Pistola	Simple/doble	Simple/doble	Simple/doble
Totalizador	Monofrontal/bifrontal	Monofrontal/bifrontal	Monofrontal/bifrontal
Cabezal	Electrónico	Electrónico HT-TE	Electrónico HT-TE
Alimentación	230 Vac	230 Vac	230 Vac
Frecuencia	46-62 Hz	46-62 Hz	46-62 Hz
Consumo (1 pistola)	112 W	89 W	89 W
Consumo (2 pistolas)	163 W	150 W	150W
Máxima presión funcionamiento	18 bar	18 bar	18 bar
Presión nominal	25 bar	25 bar	25 bar
Presión de prueba	40 bar	40 bar	40 bar
Temperatura funcionamiento	-25 °C +55 °C	-25 °C +55 °C	-25 °C +55 °C
Precisión medidor	+/- 0,5%	+/- 0,5%	+/- 0,5%
Imagen			

3. ELECCIÓN

Como se dijo anteriormente el único requisito indispensable para el caso de estudio es que el surtidor que tenga un único “equipo suministrador”, por tanto dispondrá de un solo contador y una sola manguera.

Vistos los requisitos del apartado 1 se elegirá el modelo “LPG 6000BP”, ya que además de ser el más evolucionado, reúne con todas las condiciones legales y técnicas necesarias para la estación de servicio objeto de estudio.

Además en este modelo:

- ▶ Las mangueras están situadas en los laterales (posición más segura).
- ▶ Tiene señalización electrónica HT-TE y mínimo consumo eléctrico.
- ▶ Diseño exterior tipo bandera (buena distribución y fácil acceso).

4. CARACTERÍSTICAS DEL SURTIDOR

En el anexo 15 pueden verse las características mecánicas y técnicas específicas del surtidor escogido, además de planos dónde se muestran las distintas partes de este. Se ven a continuación algunas de ellas:

4.1. Estructura

El surtido es de tipo “bandera”, donde se diferencian tres partes:

- La parte hidráulica, que se encuentra contenida en una caja de metálica perfectamente pintada y ventilada. Además está dotada de partes que se abren, provistas de cerraduras.
- La columna de acero inoxidable, que contiene las cajas eléctricas. Soporta además las pistolas, el pulsador de “start/stop”, los manómetros y los “cristales espías”.
- El cabezal, que tiene totalizador incorporado. Los datos se mantienen memorizados permanentemente y en caso de una caída de tensión durante 30 minutos después de ésta.



Figura I.3.7.7: Surtidor modelo “LPG 6000BP” de **Tecnogas**.

El hecho de que la parte hidráulica está separada de la de monitorización y del cabezal, evita la posibilidad de que un problema de una zona influya en otra. Esta geometría hace también que la inspección de cada zona sea más fácil.

4.2. Accesorios y equipos de funcionamiento

El modelo de surtidor elegido tiene una serie de elementos que mejoran su funcionamiento y aumentan la seguridad a la hora de trabajar con ellos, son los siguientes:

- ▶ Dotada de válvula diferencial de tipo pistón; lo que evita la formación de burbujas de gas, protege el medidor de cuerpos de ariete y cierra el suministro en caso de anomalías en la presión.
- ▶ Electroválvula a dos pasos; permite un cierre preciso en el importe seleccionado.
- ▶ Manómetros; cada circuito hidráulico está dotado de dos manómetros, uno revela la presión de salida y el otro la presión de regreso del gas.
- ▶ “Cristales espía”; son dos zonas de vidrio donde se puede tener una visión de la zona interior del surtidor.
- ▶ Manguera de suministro; será flexible y estará fabricada con doble malla de acero, ideal para el suministro de GPL.

4.3. Accesorios y equipos de obligado cumplimiento

El surtidor escogido debe tener una serie de características necesarias para cumplir con la *Norma UNE 60630*:

- ▶ Debe estar provisto de una válvula de exceso de flujo montada antes de la manguera flexible de alimentación, para cortar el flujo de la misma y minimizar la pérdida de combustible en caso de rotura de la manguera. En el extremo de la manguera que se une al surtidor lleva una válvula de exceso de flujo que cumple esta condición.
- ▶ Debe tener un dispositivo “*break-away*” o similar que evite escapes de GPL en el caso de que un vehículo abandone la posición sin haber desconectado la boquilla de la manguera del aparato suministrador. Este modelo de surtidor posee una válvula diferencial dentro de la caja

metálica que cierra la salida de combustible en casos de anomalías de presiones, además de una válvula en el extremo de la manguera que se une con el surtidor, que cierra la salida de GPL en caso de desconexión de ésta.

- ▶ Debe ir provisto de una válvula de seguridad tarada a la presión máxima de operación de la instalación para evitar las sobrepresiones en el surtidor. Dicha válvula estará situada antes de la salida del gas.
- ▶ La manguera debe ser flexible y tendrá una longitud de 4 metros (debe estar entre 3 y 7 m); además deberá estar conectada permanentemente a la unidad suministradora. La parte de la manguera que queda unida al aparato suministrador debe estar fijada al suelo o al aparato suministrador, en este caso lo hará al aparato suministrador.
- ▶ La boquilla o pistola que abastecerá a los vehículos debe ir provista de un sistema de conexión rápida y de fácil manejo, que se adapte al modelo unificado europeo y que cumpla con lo establecido en la *Norma UNE EN 13760*. La pistola de la que está dotada el aparato suministrador cumple con la normativa.
- ▶ El funcionamiento del aparato suministrador debe permitir el paso de GPL hacia el depósito del vehículo solamente cuando se mantenga presionado el pulsador de suministro, que en caso de cesarse el pulsado, se interrumpa el paso de GPL. El surtidor escogido está dotado de un pulsador, “pulsador B”, que cumple con esta función.

5. INSTALACIÓN

El surtidor se instalará según lo indicado en la Norma *UNE 60630* de 2003:

5.1. Diagrama de flujo

Los aparatos suministradores están provistos de dispositivos que evitan escapes de GPL en el caso de que un vehículo impacte con un surtidor, algunos se situarán en el interior de este y otros en la “arqueta de intervención y toma de muestras”.

- ▶ La línea C correspondiente a la impulsión de la bomba y a la entrada de fase líquida al surtidor, estará dotada de una válvula de exceso de flujo y una de intervención.

- ▶ La línea E de retorno del surtidor tendrá también sendas válvulas.

A las cuatro válvulas se tendrá fácil acceso desde el exterior por medio de la “arqueta de intervención y toma de muestras” situada junto al surtidor.

5.2. Obra civil asociada

El surtidor se instalará al aire libre. Será de tipo apoyado, en cuyo caso se anclará a un islote de 150 mm de altura (deben ser de 100 mm como mínimo) y estarán provistos de postes protectores ante impactos de vehículos (se colocarán 2, uno en cada extremo del islote).

En cuanto a la distancia entre el aparato suministrador y el área de llenado en la que se presta servicio será de 0,7 m (no puede ser superior de 1,5 m).

3.8. EQUIPO DE TRASVASE

1. Generalidades

El trasvase consiste en la operación de llenado o vaciado de un depósito, y en el caso de que la Estación de GPL tenga varios depósitos, en el trasiego entre ellos. Se realiza mediante equipos compuestos por: bomba o compresor, conducciones, mangueras y elementos auxiliares.

El trasvase de GPL se realiza siempre en fase líquida porque se requiere mucho menos tiempo que si se hiciera en fase vapor. Esta operación se lleva a cabo creando una diferencia de presión entre los envases mediante una bomba aceleradora, cuando se actúa sobre la fase líquida o mediante compresor-aspirador en el caso de que se actuase sobre la fase vapor. El sistema no requiere que el envase a vaciar se encuentre a mayor nivel del que se va a llenar.

El sistema de trasvase puede tener como elemento principal una bomba o un compresor; en función de qué elemento lo componga, el diagrama de flujo y la operación de trasvase se realizarán de forma diversa. Se muestra a continuación en qué consiste cada una de ellas.

Trasvase por bomba

La fase líquida de la cisterna es impulsada hacia al depósito pudiendo o no existir comunicación entre las fases de vapor de ambos. La entrada del GPL en fase líquida en el depósito se realiza normalmente por su parte superior en forma de lluvia (si se introduce el gas por abajo, deberá hacerse mediante tubo buzo). Al interconexionar las fases de vapor, se descarga a la bomba de un exceso de presión, lo que produce un aumento de caudal.

Trasvase por compresor

La fase vapor del depósito se aspira, impulsándola hacia la cisterna. Como consecuencia, la fase líquida de la cisterna pasa al depósito a través de la conducción prevista para tal fin.

Se muestran a continuación en las figuras I.3.8.1 y I.3.8.2 las operaciones de llenado y de vaciado del depósito, para el trasvase tanto con compresor como con bomba.

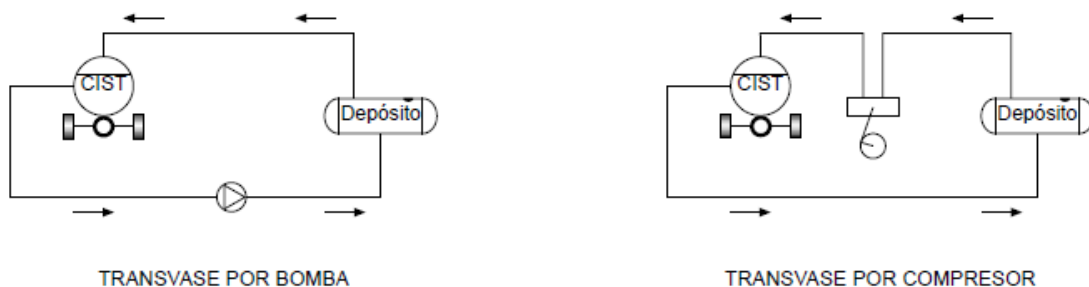


Figura I.3.8.1: Operación de llenado del depósito con bomba o compresor.

En la figura anterior se ha representado la operación de llenado de un depósito. La operación de vaciado se realiza de igual manera, salvo invirtiendo en el circuito la acción de la bomba o del compresor. En este caso, la salida del líquido del depósito se hará por su parte inferior.

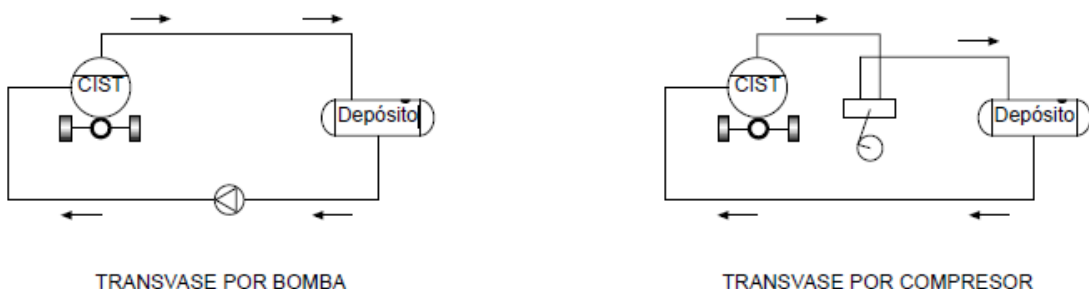


Figura I.3.8.2: Operación de vaciado del depósito con bomba o compresor.

Mediante compresor se puede realizar una tercera operación llamada recuperación, consistente en el trasvase de la fase líquida residual que quedaría en la cisterna. La cantidad de gas que se puede llegar a recuperar es de cierta consideración pues se encuentra normalmente a una presión alta, de orden de 5 a 7 bar. El esquema correspondiente es el mismo que el utilizado en la operación vaciado, salvo que no existe comunicación entre fases líquidas.

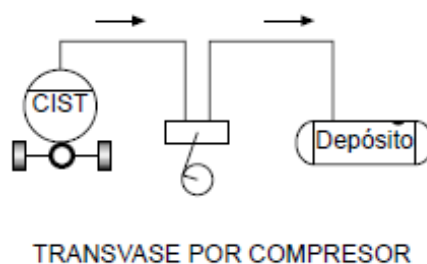


Figura I.3.8.3: Operación de recuperación (solo con compresor).

Algunas de las diferencias del uso de un equipo u otro son:

- ▶ Las bombas, a igualdad de potencia absorbida, trasiegan mayor caudal que los compresores (operación más rápida). Sin embargo tienen el riesgo de descebarse y el propio de manipular fase líquida frente a manipular fase vapor.
- ▶ El sistema de trasvase con bomba resulta más económico que el realizado mediante compresor, debido al menor coste de la bomba y al mantenimiento más complejo del compresor.

Como se ha dicho anteriormente en una estación de servicio se pueden instalar dos tipos de equipos de trasvase, con bomba o con compresor. Pero también existe otra opción, que es que la estación de servicio no disponga de equipo de trasvase propio (cuando los depósitos no son demasiado grandes), por lo que el equipo de trasvase lo llevará el camión cisterna, en cuyo caso el trasvase se realizará con bomba.

2. Elección del equipo de trasvase

Para elegir el tipo de equipo de trasvase a instalar en la estación de servicio, se hace un estudio de cada una de las posibilidades. Se muestran en la siguiente tabla las ventajas e inconvenientes de cada tipo de equipo.

Tabla I.3.8.1:
Características principales de los equipos de trasvase.

COMPRESOR	BOMBA	CISTERNA (BOMBA)
Instalación compleja.	Instalación simple.	-
Equipo complejo y costoso.	Equipo simple y económico.	-
Mantenimiento complejo y costoso.	Mantenimiento simple y económico.	-
Operación de trasvase lenta.	Operación de trasvase rápida.	Operación de trasvase rápida.
Operación de trasvase compleja.	Operación de trasvase simple.	Operación de trasvase simple.
Operación de recuperación.	-	-
-	Cavitación de la bomba.	Cavitación de la bomba.

Como puede verse en la tabla, aunque las instalaciones con compresor den la posibilidad de realizar la operación de recuperación, el uso de compresores es mucho más costoso y podría ocasionar mayores problemas (tanto el compresor como los elementos necesarios para su uso son más complejos) que el uso de bombas. Además, usando un sistema con bomba la operación de trasvase se realizará de forma más rápida y simple, aunque habrá que tomar todas las medidas para que no se produzca cavitación en la bomba.

Vistas estas razones se descarta la opción de instalar un equipo de trasvase con compresor.

Se comparan a continuación las dos posibilidades de instalación del sistema de trasvase con bomba: instalar el equipo completo de trasvase en la estación de servicio o instalar solo los elementos necesarios para la conexión con la cisterna, en cuyo caso será ésta la que lleve consigo el equipo de trasvase.

La operación de trasvase se realizará en las mismas condiciones en ambos casos, pero si es el camión cisterna el que lleva el equipo de trasvase, se reducirán mucho los costes. No habrá que invertir en el equipo de trasvase ni en el mantenimiento del mismo, evitando así posibles problemas que puedan darse. Además, dado que en la estación de servicio existe un único depósito la inversión podría ser demasiado alta.

Por tanto no se instalará equipo de trasvase en la estación de servicio, sino que será el camión cisterna el encargado de llevarlo (bombas, mangueras, etc.). Se dotará a la estación de servicio de todos los elementos y las conexiones necesarias para la realización de la operación de trasvase. De este modo se reducirán notablemente los costes y se simplificará mucho el trazado del sistema de trasvase y el mantenimiento del mismo.

Hoy día la mayoría de las cisternas están dotadas de equipo de bombeo, por lo que cualquier empresa suministradora podrá proporcionar el combustible a la estación de servicio.

Asimismo, el trazado de la tubería de carga de fase gaseosa (línea B) se diseñará de tal modo que esté preparada para la instalación de un sistema de trasvase con compresor en el futuro; por si se dieran las condiciones

necesarias para instalar un equipo de trasvase propio (si se instalase otro depósito, si dieran problemas el llenado mediante bombas, etc.).

3. Equipo de trasvase

3.1. Bomba

En cuanto a las bombas de trasvase (instaladas en la cisterna), decir que dispondrán de mecanismos de seguridad especiales por ser el GPL un líquido inflamable. Las bombas serán accionadas por la propia caja de cambio del motor de la cisterna.

El diseño y el manejo del equipo de trasvase se harán de tal modo que se evite la cavitación. Se recuerda que la cavitación es el fenómeno de aparición de burbujas de gas en el seno del GLP, dentro de la bomba o en las conducciones. Este fenómeno puede provocar, además de un desgaste grande de la bomba (por reducción del engrase de las partes móviles), una reducción de su rendimiento e incluso un funcionamiento en vacío.

No se debe olvidar que los GLP pueden vaporizarse por falta de presión o aumento de temperatura, por lo que se debe evitar que la bomba se caliente. En el tramo de impulsión se producen aumentos locales de temperatura y bajadas locales de la presión, que pueden ser la causa de que se produzca cavitación.

3.2. Conexiones

El acoplamiento entre el camión cisterna y el depósito se hará poniendo en contacto tanto la fase líquida como la fase vapor, de este modo se asegura un mejor funcionamiento de la bomba.

La fase líquida de la cisterna será impulsada hacia al depósito mediante la línea A, que entrará en el depósito por su parte superior (a través de la tubuladura A) en forma de lluvia; mientras la fase vapor retornará al depósito a través de la línea B (partiendo de la tubuladura B). Al interconexionar las fases de vapor, se descarga a la bomba de un exceso de presión lo que producirá un aumento de caudal.

Las conexiones para ambas líneas (línea A y B) se colocarán ancladas en la cara exterior del cubeto. Se tendrá acceso a ellas desde el exterior a través la puerta de acceso al cercamiento.

3.3. Boca de carga a distancia

La conexión de la fase líquida entre el camión cisterna y el depósito se hará a través de la boca de carga a distancia.

Su misión, junto con el resto de elementos de la línea de llenado, es hacer posible la conexión con la manguera el camión cisterna para que pueda realizarse el trasvase de combustible en fase líquida al depósito. Además, el sistema se dotará de los elementos necesarios para evitar que el GPL pueda retroceder o salir del depósito y para poder realizar el corte rápido del flujo de combustible en caso de fugas durante la operación de llenado.

La boca de carga estará ubicada fuera del cubeto en la que se encuentra alojado el depósito, por eso se llamará “boca de carga a distancia o desplazada”.

Los elementos que la componen son los siguientes (colocados desde la tubuladura A hacia el exterior):

- ▶ Filtro (elemento A.5).
- ▶ Indicador de caudal con vaso de expansión (elemento A.6).
- ▶ Válvula de exceso de flujo (elemento A.7).
- ▶ Adaptador para la toma de tierra (elemento A.8).
- ▶ Boca de carga con tapón (elemento A.9).

Todos los elementos enumerados tendrán un diámetro nominal de 2”.

Para más información a cerca de la línea de llenado (línea A) ver punto 3.1 del apartado 3.5 “Red de tuberías”.

4. Operación de trasvase

Para ver cómo realizar operación de trasvase y las precauciones y medidas de seguridad a tomar, ver apartado 2.2 del capítulo 4 “Protocolo de funcionamiento”.

3.9. SISTEMA NEUMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

La estación de servicio objeto de estudio estará dotada de un sistema neumático que tendrá dos funciones principales:

- ▶ Producir la apertura y el cierre automático de las válvulas con actuador neumático (A.1, B.1, C.1, D.1, E.1 C.8 y E.3), lo que permitirá el correcto funcionamiento de las distintas partes de la instalación.
- ▶ Parar el funcionamiento completo de la instalación en caso de emergencia: todas las válvulas mencionadas anteriormente se cerrarán automáticamente cuando se presione cualquiera de los pulsadores de emergencia que se encuentran situados estratégicamente en distintas partes de la instalación. De este modo se cortará el flujo de combustibles en todas las líneas de la instalación, quedando aisladas cada una de las partes de la misma.

El sistema neumático tendrá un trazado simple y se usará el mismo tipo de actuador para todas las válvulas: cilíndricos a efecto simple.

En el presente proyecto solo se mencionarán los componentes básicos del sistema neumático, su función y la estructura general de la red, no se dimensionarán ni el compresor ni la red de distribución.

2. NORMATIVA

Dentro de la normativa existente para estaciones de servicio de GPL solo se hace mención a aspectos que puedan afectar a la neumática en la *Norma UNE 60630: “Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor”*. Se enuncian a continuación fragmentos de los apartados de esta Norma que afectarán al diseño del sistema neumático de la instalación.

7. “Sistemas de corte en caso de emergencias”

“La estación de servicio debe de disponer de pulsadores de emergencia, preferentemente tipo seta. Deben estar claramente identificados y deben quedar bloqueados después de su utilización. Deben detener inmediatamente el funcionamiento de la instalación. Al accionar un pulsador de emergencia, de un modo automático se debe interrumpir el flujo de gas en las

instalaciones de almacenamiento y aparatos suministradores, mediante válvulas de corte en la impulsión y válvulas antirretorno en el retorno o similar.

Se deben ubicar pulsadores de emergencia en las zonas de almacenamiento y de llenado.

Se deben ubicar pulsadores cerca de cada aparato suministrador. En el caso de que, por la operatividad de la estación, la zona de carga esté desatendida, también deben ubicarse en otra zona fácilmente accesible.”

12.2 “Arquetas para bombas o compresores”

“Los mandos eléctricos para el funcionamiento de las bombas o compresores y los del sistema de ventilación deben estar situados fuera de la arqueta a una distancia mínima de 9 m de la fosa del depósito.”

3. SISTEMA NEUMÁTICO

3.1.Descripción

Tal y como se indica en el apartado 7 de la *Norma UNE 60630*, la estación de servicio dispondrá de pulsadores tipo seta, serán tres y estarán claramente identificados y señalizados. Puede toda la información acerca de los pulsadores en el apartado 2.2 del capítulo 7 “Seguridad y Prevención”.

Se colocará un pulsador en la zona de llenado, en el panel informativo situado junto al surtidor y los otros dos en la zona de almacenamiento, uno dentro del cercamiento junto a la boca de carga y el otro en el panel de información situado delante del cercamiento. Puede verse la ubicación de los pulsadores en el plano N° 10 “Equipos contraincendios y señalización”.

Al accionar cualquiera de los pulsadores de emergencia se interrumpirá inmediatamente el funcionamiento de la instalación, se cortará de un modo automático el flujo de combustible tanto en la zona de almacenamiento y como en la de llenado. Esto se conseguirá mediante el cierre de todas las válvulas neumáticas de la instalación (A.1, B.1, C.1, D.1, E.1 C.8 y E.3) incluidas las válvulas situadas en la “arqueta de intervención y prueba métrica”.

Estas válvulas (C.8 y E.3) son muy importantes debido a su ubicación, pues al encontrarse alejadas tanto del depósito como del surtidor y dentro de

una arqueta subterránea, su accionamiento no se verá afectado en caso de incendio de alguna de las dos partes mencionadas.

Además la línea A correspondiente bomba está dotada de válvulas antirretorno (elementos C.2 y C.4) para evitar el flujo de combustible hacia el depósito.

Todos los pulsadores como indica la *Norma UNE 60630* quedarán bloqueados tras su utilización.

Se construirá una pequeña caseta o armario que albergará todos los elementos necesarios para el accionamiento del sistema neumático (compresor, motor eléctrico, válvulas, etc.). Estará situada a 9 metros de la cuba del depósito. Para mayor información ver apartado 7 “Caseta para el sistema neumático del capítulo 6 “Obra Civil”.

3.2.FUNCIÓN DE LAS VÁLVULAS

En la siguiente tabla se recopila la información referente a las válvulas con actuador neumático, identificando la línea en la que se encuentra y la función de cada una de ellas.

Tabla I.9.1:
Identificación y función de las válvulas con actuador neumático.

Válvulas*	Línea	Función: Apertura o cierre de la válvula
A.1	A: Boca de carga	Permite o impide el flujo de GPL líquido desde la cisterna hacia el depósito.
B.2	B: Retorno cisterna	Permite o impide el flujo de GPL gaseoso desde el depósito hacia la cisterna.
C.1	C: Bomba	Permite o impide el flujo de GPL líquido desde el depósito hacia el surtidor
D.1	D: By pass	Permite o impide el flujo de GPL desde la tubería de impulsión hacia el depósito.
E.1	E: Retorno surtidor	Permite o impide el flujo de GPL desde el surtidor hacia el depósito.
C.8	Arqueta intervención (envío al surtidor)	Permite o impide el flujo de GPL líquido desde el depósito hacia el surtidor.
E.3	Arqueta intervención (retorno del surtidor)	Permite o impide el flujo de GPL desde el surtidor hacia el depósito.
*Todas las válvulas se cerrarán automáticamente cuando se accione cualquiera de los pulsadores de emergencia de la instalación.		

Todas las válvulas son de bola con actuador neumático de tipo cilindro de simple efecto. Para ver el modelo exacto y las dimensiones de cada una de ellas dirigirse a la tabla I.3.5.3 del apartado 3.10 “Recopilación de elementos en las líneas de tuberías” del capítulo 3.5 “Red de tuberías”.

4. ESTRUCTURA Y COMPONENTES BÁSICOS

La estructura de un sistema neumático básico puede dividirse en dos partes bien diferenciadas: el sistema de producción de aire y el de consumo. Se muestra a continuación una enumeración y una breve descripción de los elementos que componen cada una de estas partes.

4.1. Partes del sistema neumático básico

El sistema neumático básico puede dividirse en las siguientes partes:

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AIRE

- ▶ Compresor
- ▶ Motor eléctrico
- ▶ Presostato
- ▶ Válvula anti-retorno
- ▶ Depósito
- ▶ Manómetro
- ▶ Purga automática
- ▶ Válvula de seguridad
- ▶ Secador de aire refrigerado
- ▶ Filtro de línea

SISTEMA DE CONSUMO DE AIRE

- ▶ Purga de aire
- ▶ Purga automática
- ▶ Unidad de acondicionamiento de aire
- ▶ Válvula direccional
- ▶ Actuador
- ▶ Controladores de velocidad
- ▶ Conducciones de aire comprimido

Se identifican en la siguiente figura cada uno de los elementos apenas enumerados que compondrán el sistema neumático.

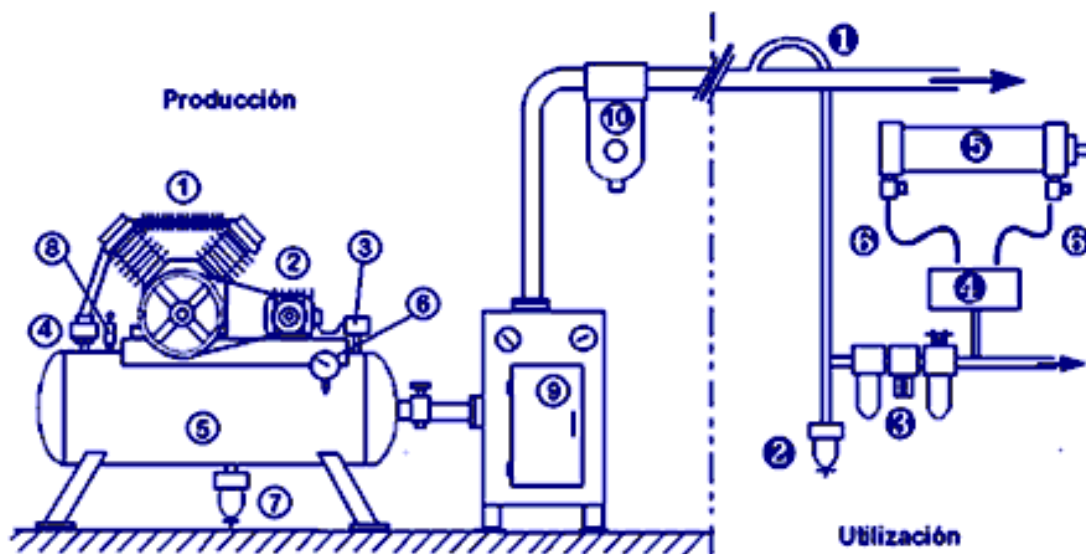


Figura I.3.9.2: Identificación de los componentes del sistema neumático básico.

4.2. Descripción de los componentes

Se describen a continuación cada uno de los componentes que forman cada una de las del sistema neumático básico. Cada elemento vendrá identificado por el número mostrado en la figura I.3.9.2.

4.2.1. Sistema de producción de aire

Las partes componentes del sistema de producción de aire y las funciones principales de cada una de ellas son:

■ Compresor (1)

El aire tomado a presión atmosférica se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática.

■ Motor eléctrico (2)

Suministra la energía mecánica al compresor, transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

Presostato (3)

Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.

Válvula anti-retorno (4)

Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito e impide su retorno cuando el compresor está parado.

Depósito (5)

Almacena el aire comprimido. Su tamaño está definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos entre los funcionamientos del compresor.

Manómetro (6)

Indica la presión en el interior del depósito.

Purga automática (7)

Purga el agua que se condensa en el depósito sin necesidad de supervisión.

Válvula de seguridad (8)

Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito alcanza valores superiores a la presión permitida.

Secador de aire refrigerado (9)

Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema.

Filtro de línea (10)

Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite. Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una caída de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión.

4.2.2. SISTEMA DE CONSUMO DE AIRE

Purga del aire (1)

Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

Purga automática (2)

Cada tubo descendente debe de tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática, que impide que el agua se quede en el tubo en caso de que se descuide la purga manual.

Unidad de acondicionamiento del aire (3)

Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente, añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema que lo necesitan.

Válvula direccional (4)

Proporciona presión y pone a escape alternativamente las dos conexiones del cilindro para controlar la dirección del movimiento.

Actuador (5)

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura I.3.9.3 se ilustra un cilindro lineal, que será tipo de actuador usado en la instalación objeto de estudio, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

Controladores de velocidad (6)

Permiten una regulación fácil y continua de la velocidad de movimiento del actuador.

■ Actuadores: Cilindros de simple efecto

Son elementos neumáticos de movimiento rectilíneo. Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido y necesitan el aire sólo para un movimiento de traslación.

El desplazamiento del cilindro de simple efecto sólo efectúa trabajo en el sentido de la carrera del avance. El retroceso se consigue normalmente gracias a la incorporación de un muelle que se encuentra situado en el interior del cilindro. Ver figura I.3.9.3.

Existen también cilindros de simple efecto que carecen de muelle. En estos cilindros el retroceso puede ser realizado por el propio peso del émbolo y vástago si el posicionamiento del cilindro es vertical. Ver figura I.3.9.4.

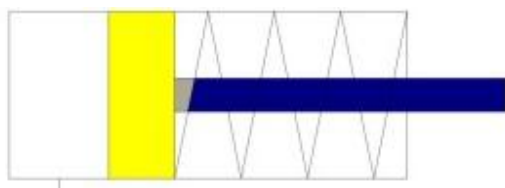


Figura I.3.9.3: Cilindro de simple efecto con resorte, posición horizontal.

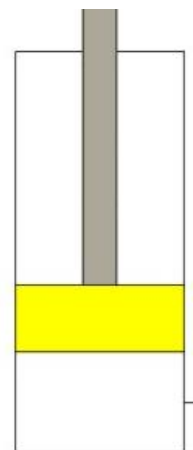


Figura I.3.9.4: Cilindro de simple efecto sin resorte, posición vertical.

■ Red de aire comprimido (8)

La misión de la red de aire comprimido es llevar el aire desde la zona del compresor hasta los puntos de utilización.

Se entiende por red de aire comprimido el conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, colocadas de modo que queden fijamente unidas entre sí y que conduzcan el aire comprimido a los puntos de conexión para los consumidores individuales (actuadores neumáticos). Esta red deberá tener mínima pérdida de presión, mínima pérdida de aire por fugas y mínima cantidad de agua en la red y en los puntos de utilización.

Las tuberías de aire comprimido de instalación fija deben ser accesibles en la medida que sea posible, para facilitar la vigilancia o comprobación de la estanqueidad de la red, por lo que se evitará su colocación empotrada en paredes.

Las tuberías de alimentación horizontales deben colocarse con una pendiente del 1- 2 % en el sentido de la circulación.

Las derivaciones verticales hacia abajo no deben terminar en la conexión para el consumidor, sino que deben prolongarse un poco más con el fin de que el agua de condensación producida se acumule en el punto más bajo y no pase al consumidor.

Las tuberías que parten de la tubería principal deben derivarse siempre dirigiéndolas hacia arriba.

Las distribuciones para el tendido de una red de aire pueden ser:

- ▶ Una larga tubería, extendida a todo lo largo de la instalación con los necesarios bajantes a los puntos de utilización.
- ▶ Tendido en circuito cerrado o en anillo. La ventaja de este sistema circular erradica en que no tiene extremos muertos, el suministro de aire comprimido es equilibrado y las fluctuaciones de la presión se reducen considerablemente. Además, con la ayuda de válvulas de cierre situadas estratégicamente, parte de este circuito puede ser desconectado manteniendo en servicio la parte restante.

Para la instalación objeto de estudio se escogerá una distribución en circuito cerrado, pues de este modo, en caso de avería se podrá realizar la reparación sin que afecte al funcionamiento del resto de las líneas.

■ Tuberías (9)

Las tuberías flexibles que se emplean en los sistemas de conexión descritos tienen normalmente un diámetro exterior de 4, 6, 8, 10, 12 y 14 milímetros, con diferentes espesores de pared. Las roscas de conexión a los elementos de automatismo, en el continente europeo, son en general de roscas tipo B.S.P. con calibres de 1/8, 1/4, 3/8, 1/2, 3/4, etc.

En cuanto a materiales se refiere, los tubos de diámetros métricos empleados se fabrican normalmente en nylon 11, poliuretano, polipropileno, etc. El nylon y poliuretano se fabrican en diferentes colores, permitiendo la selección de los

diferentes circuitos. El color negro se emplea preferentemente en sistemas que deben resistir la intemperie, como es el caso de estudio.

Las tuberías rígidas empleadas suelen ser de cobre, cobre recubierto de PVC, acero, acero inoxidable, etc., empleándose para infinidad de fluidos además del aire comprimido, atendiendo siempre a las tablas de compatibilidades.

5. MANTENIMIENTO

Además de las operaciones de purgado de condensaciones que deben hacerse lo más frecuentemente posible, cada año aproximadamente, debe hacerse una prueba y evaluación de las fugas, inspeccionándose grifos, purgas, derivaciones, etc., de este modo se comprobará el correcto funcionamiento del sistema. Si se encontraran defectos, habrá que realizar las reparaciones pertinentes.

3.10. PUESTA A TIERRA

1. NORMATIVA

En la *Norma UNE 60630 de Enero de 2003 “Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor”*, se hace referencia a tres aspectos que afectan a la puesta a tierra de los equipos de la instalación.

En el apartado 11.1 *“Puesta a tierra de los equipos”* se dice lo siguiente:

“Los depósitos, bombas, compresores, aparatos suministradores, tuberías, carcasas de motores y en general todas las partes metálicas de la instalación irán conectadas entre sí y a tierra, debiendo ser la resistencia de esta última conexión inferior a 80 ohmios. Esta puesta a tierra debe ser independiente de cualquier otra”.

También se hace alusión en el apartado 4.2 *“Depósitos”*, dónde se establece la valvulería y los elementos de obligada instalación en los depósitos. En ella se dice que los depósitos de GPL deben estar provistos como mínimo de un borne de toma a tierra.

Por último, en el apartado 14.1 *“Trasvase de GPL a los depósitos”*, donde se describen los pasos a seguir antes de iniciar la operación de trasvase, se dice que es obligatorio conectar el camión cisterna eléctricamente a tierra; por lo que tendrá que existir un elemento que permita conectar de forma fácil y segura el camión cisterna directamente con la toma a tierra de la instalación.

2. RIESGOS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La electricidad estática constituye un desequilibrio transitorio en la distribución de cargas por transferencia entre la superficie de dos elementos o medios suficientemente próximos, con la creación de un campo eléctrico y una diferencia de potencial que pueden alcanzar valores muy elevados.

La chispa que se produce durante una descarga de electricidad estática puede inflamar una mezcla de GLP con aire. Para evitarlo se deben adoptar las siguientes medidas de seguridad:

- Evitar la acumulación de vapores.

- ▶ Evitar la generación de cargas electrostáticas o evitar su acumulación antes de que se produzcan descargas en forma de chispa, mediante la puesta a tierra de los equipos.

En el presente caso, para evitar dicha electricidad estática se instalará un sistema de puesta a tierra para la instalación, a fin de asegurar una adecuada protección para:

- ▶ Seguridad del personal contra descargas de los equipos eléctricos.
- ▶ Protección de los equipos eléctricos contra averías.
- ▶ Protección contra la inflamación de mezclas combustibles por electricidad estática.

3. PUESTA A TIERRA DE LA INSTALACIÓN

Para que no se de acumulación de cargas electrostáticas, todos los depósitos, bombas, tuberías y en general todas las partes metálicas de la instalación deben estar conectados a tierra y conectados equipotencialmente entre sí.

La toma de tierra tiene que tener una resistencia reducida para facilitar la descarga (ya que es un camino fácil) y proteger así la instalación del depósito. La resistencia máxima que ha de tener la toma de tierra es de 80 Ω .

Esta puesta a tierra debe ser independiente de cualquier otra. Las masas metálicas enterradas dotadas de protección catódica deben aislarse del resto de la instalación.

Para permitir una protección catódica correcta, los depósitos y tubos de acero enterrados no se deben unir a un sistema de tierra en el que existan metales galvánicamente desfavorables para el acero, como el cobre en contacto directo con el terreno. Solo se deben unir a la red general de tierra de la instalación si no existe riesgo galvánico por estar constituida en cable galvanizado o cable de cobre recubierto y plicas de zinc o zincadas.

El depósito, como se indica en el apartado 4.2 de la *Norma UNE 60630* antes mencionado, estará dotado de borne de toma a tierra. Este elemento será el destinado a conectar el cable de toma de tierra al depósito, con el fin de asegurar la puesta a tierra del mismo.

En el presente caso, para depósitos enterrados con boca de carga a distancia, se deberá disponer de un borne de conexión específico fuera de la cubeta que contiene el depósito, para permitir así la unión equipotencial entre el camión cisterna y el depósito en la operación de trasvase. De este modo será descargada la electricidad estática de la cisterna, evitándose riesgos.

Esta conexión se hará mediante un elemento que estará compuesto por un cable conectado por un extremo a la red de puesta a tierra, y por el otro, gracias a una pinza, se conectará a un terminal situado en el camión cisterna. El cable será extraflexible, con aislamiento y de sección mínima 16 mm^2 . Puede verse una imagen de este dispositivo en la figura I.3.10.1.



Figura I.3.10.1: Elemento para la conexión del camión cisterna con la toma a tierra.

La conexión eléctrica de la puesta a tierra será a través de un interruptor, con modo de protección adecuado al tipo de zona del emplazamiento donde va instalado. El cierre del interruptor se realizará siempre después de la conexión de la pinza al camión cisterna. Este elemento será instalado a la izquierda de las bocas de carga y descarga, a 500 mm de éstas.

Se muestra en la siguiente figura una representación de cómo se realiza la conexión entre el camión cisterna y la toma a tierra de la instalación.

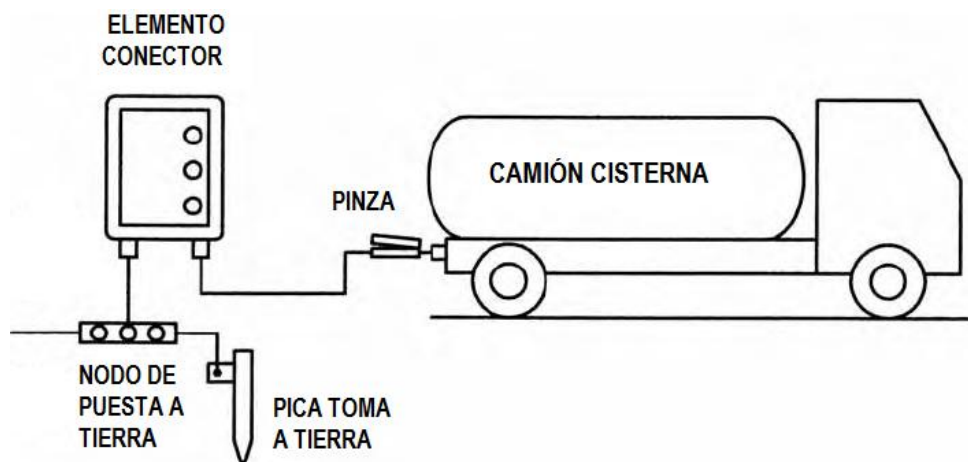


Figura I.3.10.2: Conexión entre el camión cisterna y la toma a tierra de la instalación.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 4:

Protocolo de funcionamiento.

*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de
servicio de la provincia de Cádiz.*

1. PUESTA EN MARCHA

En la zona de almacenamiento se deben realizar antes del primer llenado las pruebas, ensayos y verificaciones establecidas en la *Norma UNE 60250**, que son las siguientes:

*La presión mínima de prueba o ensayo se describe en los siguientes apartados en función de la utilización de GPL en fase líquida o gaseosa. Una vez alcanzado el nivel de presión necesario y transcurrido un tiempo prudencial para que se estabilice la temperatura, se debe realizar la lectura de la presión y empezar a contar el tiempo de prueba o ensayo en cada caso.

1.1. Pruebas previas a la puesta en servicio

Antes de la puesta en servicio de la instalación de GPL, los depósitos, canalizaciones de fase líquida y los equipos que lo requieran deben someterse a las siguientes pruebas:

1.1.1. Depósitos

Prueba hidrostática de presión en el taller del fabricante, de acuerdo con la legislación vigente.

En caso de sufrir algún accidente en el transporte, o en todo caso, si no se ha realizado dicha prueba hidrostática en el taller del fabricante, se debe realizar esta una vez instalado el depósito y se debe efectuar 1,43 veces la presión de diseño durante 10 minutos contados a partir de la estabilización de la presión.

1.1.2. Canalizaciones en fase líquida

Prueba de presión a 29 bar durante 10 minutos contados a partir de la estabilización de la presión.

1.1.3. Válvulas de seguridad y resto de equipos

Las pruebas específicas para ellas se encuentran en la legislación que le sea de aplicación.

El fabricante debe emitir los certificados de idoneidad (individuales o por lotes) correspondientes, que deben ser incorporados a la documentación del depósito.

Una vez realizadas las pruebas del apartado 1 se debe eliminar el agua que hubiera quedado después del vaciado y, si es preciso, se debe efectuar el inertizado de la instalación.

1.2. Ensayos

Superadas con éxito las pruebas se deben efectuar los siguientes ensayos:

1.2.1. Depósitos

Ensayos de estanqueidad a una presión de 3 bar con aire, gas inerte o GPL en fase gaseosa durante 15 minutos.

No es preciso este ensayo para los depósitos que hayan salido del taller del fabricante provistos de la valvulería y llenos de gas inerte o GPL en fase gaseosa, siendo suficiente la comprobación de la existencia de presión positiva (superior a la atmosférica) en el interior del depósito y la ausencia de fugas, mediante la utilización de agua jabonosa, en las conexiones de los accesorios del depósito. No es preciso probar las válvulas de seguridad cuando vengán montadas.

1.2.2. Canalizaciones de fase líquida

Ensayo de estanqueidad a una presión de 3 bar con aire inerte o GPL en fase gaseosa, con duración de 30 minutos, que se podría reducir una vez estabilizada la presión, a 15 minutos en los tramos inferiores a 20 m.

1.2.3. Canalizaciones de fase gas

Deben ser sometidas a las pruebas específicas en la *Norma UNE 60310* o a la *Norma UNE 60311* que corresponda, según su presión de servicio, excepto en tiempos de ensayo, que para las canalizaciones de la instalación de almacenamiento deben ser los indicados para los depósitos en el apartado 2.1. Para su realización deben permanecer al descubierto las uniones no soldadas.

Durante los ensayos se deben tomar todas las precauciones necesarias para que se efectúen en condiciones seguras y, en particular, si los ensayos se efectúan con GPL:

- ▶ Prohibir terminantemente fumar.
- ▶ Evitar la existencia de puntos de ignición.
- ▶ Vigilar que no existan puntos próximos que puedan provocar inflamaciones en caso de fugas.
- ▶ Evitar zonas de posible embalsamiento de gas en caso de fugas.
- ▶ Purgar y soplar las tuberías antes de efectuar cualquier reparación que pudiera resultar peligrosa.

1.3.Verificaciones

Así mismo se debe verificar:

- ▶ Que las llaves son estancas a la presión de prueba.
- ▶ Que los equipos de trasvase y de vaporización, si existen y salvo que estén certificados por un organismo competente, funcionan correctamente. Se debe cuidar de no levantar los precintos que haya podido poner el fabricante.
- ▶ Que los demás elementos que componen la instalación funcionen correctamente.
- ▶ El cumplimiento general, en cuanto a las partes visibles, de las disposiciones señaladas anteriormente, y de forma especial las distancias de seguridad previstas.

1.4.Prueba de presión periódica

La prueba de presión periódica de los depósitos consiste en una prueba hidráulica de presión a 1,43 veces la presión de diseño durante 10 minutos contados a partir de la estabilización de la presión.

Se realizará de acuerdo con lo establecido en el Anexo D de la *Norma UNE 60250*, que indica lo siguiente:

“Anexo D: Prueba de presión hidráulica”

- 1. Como fluido de prueba se debería utilizar normalmente agua. La temperatura del agua durante la prueba debería ser superior o igual a*

- 7°C. Es conveniente que el depósito esté purgado antes de aplicar la presión, para evitar la formación de bolsas de aire.*
- 2. La presión de prueba del depósito debe ser 1,43 veces la presión de diseño indicada en la placa de identificación, o en la documentación del depósito.*
 - 3. La presión en el depósito se debería aumentar hasta alcanzar la presión de prueba, y a continuación aislar el depósito de la bomba de presurización. El depósito debe mantenerse a presión durante 10 minutos para realizar la verificación.*
 - 4. La prueba se considera satisfactoria si la presión en el depósito no disminuye de forma significativa durante la misma, y si no se observa ningún signo de deformación plástica general o de fuga del equipo a presión.*
 - 5. Si es necesario, los depósitos deberían purgarse y secarse cuidadosamente.*
 - 6. Si es necesario, deberían sustituirse las juntas, los tornillos, etc., después de la prueba.*

2. EXPLOTACIÓN

La explotación de las instalaciones incluidas en la zona de almacenamiento de GPL se deben llevar a cabo cumpliendo todas las condiciones indicadas en la *Norma UNE 60250* y *UNE 60630*, que son las siguientes:

2.1. Generalidades

Según la *Norma UNE 60250*:

- ▶ El titular, usuario o personal encargado de la instalación debe conocer el funcionamiento de la misma y estar adiestrado en el manejo de los equipos de seguridad. Además en las estaciones de GPL de más de 20 m³ de capacidad como la de estudio, es obligatoria la colocación de un esquema de la instalación y de las instrucciones para su manejo.
- ▶ No se permite el acceso a determinadas zonas de la estación de GPL a personas que no se encuentren expresamente autorizadas para ello.
- ▶ No se permite tener material combustible o inflamable tanto en la estación de GPL como en la zona de estacionamiento del camión cisterna.
- ▶ No se permite utilizar la estación de servicio para otros fines que no sean los previstos.

2.2. Trasvase de GPL a los depósitos

El camión cisterna se debe situar en un punto próximo a la boca de carga. Se habilitará una zona específica y correctamente señalizada para el estacionamiento del camión cisterna durante la operación de trasvase.

El circuito que debe hacer el camión cisterna dentro de la estación de servicio, está diseñado de tal modo que la salida del camión queda libre de obstáculos y se puede realizar marcha adelante, según indica la *Norma UNE 60630*. De tal forma que el desalojo del camión cisterna de la zona en caso de emergencia no presenta dificultades y se puede realizar sin necesidad de maniobras.

La operación de llenado será realizada por el conductor de la cisterna o por el personal de la empresa distribuidora.

El trasvase de GPL entre el camión cisterna y el depósito solo debe iniciarse una vez que hayan sido realizadas las siguientes operaciones:

- ▶ Dejar el motor del camión cisterna parado y los circuitos eléctricos de dicho vehículo interrumpidos. Cuando por razones de funcionamiento de la bomba no fuera posible detener la marcha del motor (como en el caso de estudio), se colocará en el tubo de escape del motor el aparato cortafuegos.
- ▶ Bloquear las ruedas del camión cisterna mediante cuñas.
- ▶ Comprobar la cantidad máxima de combustible que puede admitir el depósito.
- ▶ Conectar el camión cisterna eléctricamente a tierra de acuerdo con las especificaciones dadas en el informe *UNE 109100 IN* y las *Normas UNE109108-1* y *UNE 109108-2*.
- ▶ Controlar la estanqueidad de los racores y de las juntas de las tuberías flexibles que se emplean durante el trasvase.
- ▶ Verificación de que la salida esté libre de obstáculos.

Las operaciones a seguir para realizar el llenado del depósito son las siguientes:

- ▶ Se conecta el camión cisterna a la toma de tierra en las conexiones para ese fin de la boca de carga a distancia.
- ▶ Se conecta la manguera a la boca de carga del depósito.
- ▶ Se abre el punto máximo de llenado periódicamente.
- ▶ Se comprueba que las llaves de corte situadas en el tramo conectado al depósito estén abiertas (A.4 y A.1).
- ▶ Se comprueba que el circuito del camión está preparado y se pone en marcha la bomba.

Una vez finalizado el proceso de llenado, se realizarán las operaciones de modo inverso:

- ▶ Se para el funcionamiento de la bomba.
- ▶ Se cierra el punto máximo de llenado.
- ▶ Se cierran las llaves de corte (A.4 y A.1).
- ▶ Se purga el boquerel de la manguera.
- ▶ Se desconecta la manguera.
- ▶ Se desconecta la toma de tierra.

Durante toda la operación de trasvase se vigilará el nivel magnético y el punto alto de llenado.

Después de efectuar el llenado y la retirada de las mangueras se debe comprobar (con pulverización de líquido jabonoso, un detector electrónico de fugas u otro método igualmente eficaz) que la boca de carga no tiene fugas.

2.3.Drenaje del depósito

Este sistema tiene como cometido principal el permitir el drenado (eliminación de los sedimentos y elementos decantados) del depósito así como el agua utilizada para la prueba de resistencia mecánica. Los cuerpos extraños y el agua son más densos que el GLP y decantan en el fondo del depósito por lo que el dispositivo se ha de situar en su punto más bajo.

Dado que el depósito estudio tiene un volumen inferior a 60 m³, el sistema de purga que se instalará será sin decantador. Consistirá en:

- ▶ Una válvula de exceso de flujo (G.1) conectada directamente a la tubuladura de purga, para que en caso de rotura de la tubería de purga no se produzcan escapes en el depósito.
- ▶ Una válvula de bola de accionamiento manual (G.2), permanecerá siempre cerrada excepto en el momento de realizar la operación de purgado.
- ▶ Un tramo de tubería de 600 mm de longitud, que será donde se almacene el combustible con los sedimentos y elementos decantados antes de ser expulsados al exterior.

- Una válvula de hombre muerto (G.3), permanecerá cerrada siempre y cuando no sea accionada manualmente (dispositivo de seguridad para posible intoxicación del operario).



Figura I.4.1: Tramo exterior de la línea de drenaje (G): Válvula de bola manual (G.2), tramo de tubería de 600 mm y válvula de hombre muerto (G.3).

Como el depósito es enterrados la línea de purga partirá de una tubuladura situada en su generatriz superior (tubuladura G). Esta tubuladura estará dotada de un tubo buzo para hacer las veces de válvula de drenaje. El tubo buzo deberá llegar casi hasta el fondo para arrastrar la máxima cantidad de sedimentos posible.

Para un mejor resultado de la operación, el depósito se colocará ligeramente inclinado (0,5%) hacia el lugar en que se encuentra el dispositivo de drenaje (zona izquierda), para facilitar así su labor de sumidero, pero simultáneamente se ha de procurar que los sedimentos que pudieran existir en el fondo no lleguen a obstruir el tubo buzo.

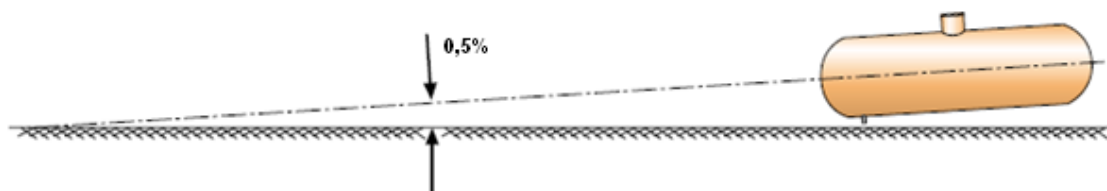


Figura I.4.2: Instalación del depósito con una inclinación del 0,5% hacia la tubuladura de purga.

Se sabe que el punto idóneo para la instalación de la línea de purga es la zona inferior del depósito, pero como se ha visto, el depósito objeto de estudio es enterrado, por lo que tendrá la tubuladura correspondiente a la

purga situada en la zona superior. A pesar de ello y de que la operación de drenado se realice siempre mediante esta tubuladura, el depósito estará dotado también de purga inferior, instalada en la zona inferior del mismo, qué solo se usará en casos específicos.

La operación de drenado del depósito se lleva a cabo del siguiente modo:

1. Se abrirá la válvula de bola (G.2) manualmente para que el gas pase al tramo de tubería cerrado (con una longitud de 600mm), se comprobará previamente que la válvula de hombre muerto, situada en el extremo (G.3) permanezca cerrada.
Cuando el tramo de tubería existente entre ambas válvulas se encuentre lleno, se cerrará manualmente la válvula de bola (G.1).
2. A continuación se abrirá la válvula de hombre muerto (G.2) con las lógicas precauciones, dejando escapar los sedimentos o elementos decantados junto con una pequeña porción del gas. La maniobra será rápida, con apertura parcial de la válvula de hombre muerto y cierre inmediato, a fin de evitar la congelación de la misma.
3. La operación se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta llegar a eliminar todos los sedimentos o elementos decantados en el depósito.

El drenaje del depósito se deberá realizar como mínimo después de cada una de las operaciones de trasvase. Además se repetirá siempre que se encuentren elementos ajenos al propano en el interior del depósito.

2.4.Prueba métrica

Para verificar la exactitud del los surtidores instalados en las estaciones de servicio de GPL, se realiza una prueba llamada comúnmente “prueba métrica”.

Esta prueba consiste en el llenado desde el surtidor de una “bombona métrica” dotada de un propio medidor de nivel. Se compara el valor del volumen de GPL fijado en el surtidor con el obtenido en el medidor de la bombona. Se hacen varias mediciones para obtener un valor real. Una vez confrontados ambos valores se conoce el porcentaje de error del surtidor, y se procederá si fuese necesario al ajuste de los parámetros del surtidor.

En la estación objeto de estudio la prueba se realizará mediante el método de “circuito cerrado”, ya que es el más efectivo y fiable.

La instrumentación necesaria para la realización de la prueba métrica es la siguiente:

- ▶ Bombona métrica.
- ▶ Compresor de GPL con motor eléctrico antideflagante que pueda proporcionar una diferencia de presión de 1 a 2 bar.
- ▶ Dos mangueras con unión de $\frac{3}{4}$ ”, de 5 m de longitud para la aspiración y la impulsión del compresor.
- ▶ Una manguera con unión $\frac{3}{4}$ ” de 3 m de longitud para poder descargar el combustible que se encuentra en el interior de la bombona métrica después de cada prueba en el depósito del que ha sido tomado.
- ▶ Conexiones a tuberías en el “Pozo de prueba métrica” con sus correspondientes válvulas para la salida/retorno del combustible.

Para llevar a cabo la medición será necesario realizar las siguientes conexiones:

- ▶ Se conectará la manguera del surtidor a la zona superior de la bombona, por donde entrará el combustible (operación de llenado).
- ▶ En el “Pozo de intervención y prueba métrica” se conectará la tubería B’ a una de las mangueras flexibles que llevará el gas hasta el compresor y de ahí a la entrada de la bombona. Mientras que la tubería E’ se conectará a la descarga de la bombona (operación de vaciado).

Puede verse en la siguiente figura una representación de las conexiones entre el surtidor y la bombona métrica, y entre ésta y las válvulas del “pozo de intervención y prueba métrica”.

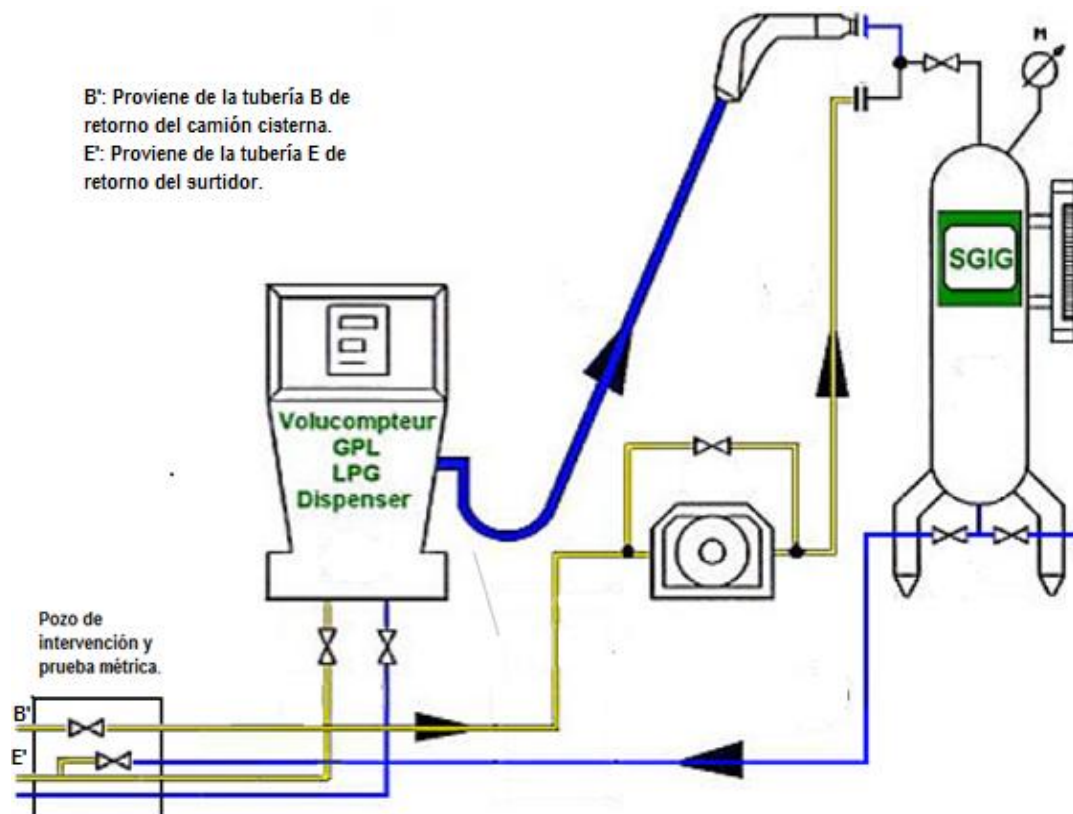


Figura I.4.3: Disposición de los elementos para la prueba métrica.

La realización de la prueba se llevará a cabo del siguiente modo:

■ Llenado de la bombona

Conectar la pistola a la boca de la bombona y poner en marcha el abastecimiento, abriendo progresivamente la válvula situada bajo la boca de la bombona, hasta obtener un valor de 20 litros, cerrando progresivamente la válvula. Cerrar completamente la válvula, parar el abastecimiento del surtidor y desconectar la pistola del surtidor.

■ Vaciado de la bombona métrica

Una vez conectadas las mangueras a las válvulas de las tuberías B' y E' del "Pozo de prueba métrica", se procede a el vaciado de la bombona. Para aclaraciones ver figura 4.3.

La prueba se realizará un mínimo de 7 veces, de los cuales se eliminará la primera y la última prueba. Es muy importante que la temperatura sea estable en el momento de la realización de las pruebas.

Una vez realizadas las pruebas el operario se encontrará en grado de estudiar la diferencia existente entre el volumen medido por el surtidor y el indicado por la bombona métrica. Si ésta se encontrara fuera de tolerancia se pasaría a la regulación del surtidor en base al dato de 20 litros.

Para más información acerca de las características de los equipos necesarios para la realización de la prueba métrica ver anexo 19.

2.5. Suministro de GPL a los vehículos

Durante las operaciones de trasvase y suministro de GPL dentro de las zonas de seguridad delimitadas, el personal de la explotación debe respetar y hacer respetar las siguientes normas:

- ▶ No fumar.
- ▶ No encender fuegos ni hacer circular llamas libres.
- ▶ Mantener los vehículos apagados y con las luces apagadas.
- ▶ No efectuar reparaciones de los vehículos o de sus elementos en la propia instalación.

Estas prohibiciones se encontrarán claramente señaladas mediante letreros visibles desde cualquier punto de la instalación. En la instalación objeto de estudio se colocarán tres paneles informativos en los cuales está esta recogida esta información.

Durante las operaciones de suministro a los vehículos se debe comprobar que:

- ▶ Los vehículos están autorizados para la carga de GPL.
- ▶ Los motores de los vehículos a abastecer están parados y los vehículos inmovilizados y con las luces apagadas.
- ▶ El depósito y la boca de carga no presentan ningún defecto aparente, correspondiendo a los tipos autorizados.

Los pasos a seguir para el suministro de GPL a vehículos son las siguientes:

- ▶ Colocar el adaptador en el dispositivo de llenado para GPL del vehículo.

- ▶ Seleccionar el importe deseado en el surtidor.
- ▶ Colocar la pistola en el adaptador, comprobando que queda perfectamente fijada.
- ▶ Presionar el pulsador “START/STOP” del surtidor, dando comienzo el suministro de combustible.

Una vez iniciado el suministro la pistola se bloqueará, no pudiendo desconectarla hasta que no se complete la cantidad fijada o bien se presione el pulsador “START/STOP” para parar el suministro.

En caso de que la pistola no estuviera bien fijada, el suministro de combustible no iniciará.

- ▶ Una vez terminada la operación de suministro desconectar la pistola, manteniéndose lo más alejado posible para evitar cualquier contacto con el gas.

En el caso de estaciones de servicio en las que se establezca un sistema de autoservicio por el cual sea el propio conductor del vehículo quien efectúe el repostaje, en cada aparato suministrador debe colocarse un cartel bien visible indicando las instrucciones de funcionamiento, medidas de seguridad e indicaciones en caso de emergencia. Esta información estará recogida en los paneles informativos.

En todo momento el personal de la explotación debe encontrarse disponible para actuar en caso de emergencia o a requerimiento de un conductor que se encuentre repostando con el sistema de autoservicio.

De todas formas se aconseja, aunque no sea obligatorio según la normativa española, que sea una persona especializada la que realice la operación de repostaje, dado que al ser un combustible gaseoso a presión, los riesgos son mayores.

Queda prohibido el llenado de cualquier otro depósito o recipiente que no sean los fijos sobre automóviles expresamente autorizados.

En el ámbito de la estación y en posición bien visible se colocarán tres paneles informativos dónde queden reproducidas de forma claramente legible las siguientes indicaciones:

- ▶ Normas de actuación de funcionamiento conforme a lo especificado en la *Norma UNE 60630*.
- ▶ Esquema de la instalación.
- ▶ Indicaciones sobre las prohibiciones antes relacionadas.

Además de esta información, en los paneles informativos se recogerán otras indicaciones de sumo interés, tanto para el personal de la instalación como para el individuo que vaya a repostar combustible. Puede verse la información exacta que se recopilará en estos paneles en el capítulo 3.7 “Seguridad y Prevención”.

2.6. Otras medidas a cumplir por el personal de la instalación

- ▶ El personal de la instalación debe estar en todo momento enterado de las normas de actuación y funcionamiento indicadas en la *Norma UNE 60630*, adiestrado en las maniobras a realizar para prevenir y reducir los accidentes e instruido sobre el empleo de los medios contraincendios.
- ▶ El personal de la explotación debe tener siempre a su alcance, en perfectas condiciones y listo para su uso, al menos uno de los extintores ubicados en la instalación.
- ▶ En caso de producirse un incendio el personal de la explotación debe impedir inmediatamente, utilizando todos los medios idóneos a su alcance, que otros vehículos entren en la zona de suministro, procurando que los que ya se encuentren en su interior desalojen esta zona con la máxima celeridad posible.
- ▶ En caso de un escape de gas el personal de la explotación debe impedir inmediatamente, utilizando todos los medios idóneos a su alcance, que otros vehículos entren en la zona de suministro, y que los que ya se encuentren en su interior arranquen el motor.
- ▶ La zona de seguridad de la estación de servicio de GPL debe mantenerse limpia y no puede haber papeles, maderas, vegetales secos, ni ningún otro elemento combustible.

3. MANTENIMIENTO

3.1. Instalaciones en general

Todos los componentes de la instalación se deben someter a las pruebas periódicas indicadas por el fabricante y por la legislación vigente.

Deben efectuarse periódicamente las comprobaciones y verificaciones necesarias para conocer en todo momento el estado de la instalación. Éstas quedarán registradas en el libro de mantenimiento o archivo documental, que debe contener como mínimo lo siguiente:

- Plano de las instalaciones, en el que se refleje con precisión y debidamente acotado, el tendido inicial de las tuberías y el definitivo después de las modificaciones realizadas.
- Fechas y tipos de las revisiones que se hayan efectuado, defectos observados y reparaciones realizadas y en su caso, lecturas de potencial de protección.

Las operaciones de mantenimiento preventivo deben verificar la correcta estanqueidad y amplitud de uso de la instalación, se deben realizar como mínimo las siguientes operaciones:

- Verificación de que todos los elementos de la instalación estén en buen estado en sus partes visibles. Se debe prestar especial atención a:
 - ▶ El estado de la pintura de los elementos de la instalación, comprobando que no se presenten discontinuidades o indicios de corrosión.
 - ▶ Funcionamiento de instrumentos de control y medida (manómetros, medidores de nivel, etc.)
 - ▶ Existencia de los carteles de prohibido fumar y de los números de teléfono de emergencia.
 - ▶ Comprobar la existencia de drenajes, anclajes y cimentaciones.
 - ▶ Verificar el correcto estado del cerramiento (continuo y que permita la correcta ventilación de la instalación), de la puerta de acceso y del elemento de cierre.

- Comprobación de la estanqueidad de los elementos de la instalación hasta la llave exterior (depósitos, tuberías de fase de gas y fase líquida, vaporizadores, etc.). Esta comprobación se debe realizar con aire, gas inerte o el gas de suministro, y como mínimo de la presión del servicio correspondiente de cada tramo o equipo.

La comprobación de estanqueidad se puede realizar mediante manómetro de escala adecuada o utilizando un detector de gas cuando la totalidad de la instalación del tramo sea accesible. La localización de fugas, de haberlas, se debe realizar mediante la aplicación de agua jabonosa, con detectores de gas u otro método adecuado a tal fin. No se debe utilizar llamas para la detección de fugas de gas. Se considera que no existe fuga en fase gaseosa si el caudal medio a la presión de servicio es inferior a 1 l/h. En caso de detección de fugas se debe precintar la llave y dejar la instalación fuera de uso, para repararla en el menor tiempo posible.

- Comprobación de la maniobrabilidad de las llaves y verificación de que son estancas a la presión de servicio, mediante agua jabonosa o detector de fugas.
- Verificación de que en la estación de GPL no existen materiales combustibles, puntos de inflamación, equipos eléctricos no protegidos u otros elementos ajenos a ella.
- Para los depósitos enterrados, verificación de la ausencia de corrosión de los mismos mediante la lectura de potencial de acuerdo al apartado 7.7.1.2. de la *Norma UNE 60250* en caso de depósitos con protección catódica.
- Verificación de la existencia de material contraincendios, su buen estado aparente, su accesibilidad y su disposición de uso. En caso de que existan verificar el funcionamiento de los rociadores y de las bocas de incendio.
- Verificación de la vigencia de las inspecciones reglamentarias del material contraincendios.

- Verificación del cumplimiento general, en cuanto a las partes visibles de las disposiciones señaladas anteriormente y de forma especial a las distancias de seguridad previstas.
- Verificación de buen estado y funcionamiento de la toma de tierra, mediante la medición de la resistencia de tierra que debe ser inferior a 80 ohmios.

Todas las operaciones realizadas se deben reflejar en el correspondiente libro de mantenimiento o archivo documental de la instalación, como se ha dicho anteriormente.

3.2. Mangueras

- Las mangueras de trasvase si se encuentran en la estación deben estar almacenadas adecuadamente y protegidas de la intemperie cuando no se utilicen.
- Regularmente se debe proceder a una inspección visual de las mangueras con objeto de garantizar que mantienen las características necesarias para su utilización. Se debe evitar su deterioro por roce o torsión y no deben estar en contacto con el suelo.
- Al menos una vez al año se debe verificar la ausencia de fugas mediante agua jabonosa o procedimiento similar. Ante la aparición de cualquier fuga se debe proceder a la sustitución de la manguera.
- La vida útil de las mangueras debe ser la indicada por el fabricante, con un máximo de 10 años.
- Las mangueras de trasvase deben cumplir con los requisitos de la *Norma UNE-EN 1762*.

Documento I: Memoria.

Capítulo 5:

Manipulación y transporte del depósito.

*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de
servicio de la provincia de Cádiz.*

1. MANIPULACIÓN

Para la manipulación (carga, transporte y descarga) del depósito se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante.

En su defecto, se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- ▶ Se mantendrá el depósito en una posición de izado sensiblemente horizontal.
- ▶ Se suspenderá de las orejetas de izado.
- ▶ En ningún momento deberá arrastrarse o rodarse el depósito.
- ▶ Si se produjese cualquier incidencia durante la manipulación se informará tanto al fabricante como al comprador del depósito.

2. TRANSPORTE

El transporte de recipientes a presión se hace preferiblemente en camión y si no fuese posible en ferrocarril; esto dependerá del depósito, ya que existen limitaciones para el transporte (sin necesidad de permiso especial) en función de las características del recipiente (tamaño y peso).

El depósito objeto de estudio cumple con las condiciones necesarias para ser transportado en camión (sin permiso especial), ya que:

- ▶ Tiene un peso menor de 50.000 lb ($P_{\text{depósito}} = 42.743 \text{ lb}$).
- ▶ El ancho de carga es menor de 8 pies ($D_{\text{depósito}} = 7,58 \text{ ft}$).
- ▶ Tiene una altura menor de 13 pies y 6 pulgadas ($H_{\text{Total depósito}} = D + H_{\text{silletas}} + H_{\text{tubuladura}} = 9,723 \text{ ft}$).
- ▶ Tiene una longitud menor de 45 pies ($L_{\text{depósito}} = 41,339 \text{ ft}$).

Dado que la longitud de la carga es mayor de 12 pies, el camión deberá ir acompañado de escolta durante el transporte.

Una vez descargado el depósito del camión en el que ha sido transportado, se procederá directamente a la instalación de este en el cubeto con la ayuda de grúas. Si no fuese posible, se colocará el depósito sobre un suelo plano y limpio de piedras, donde no interfiera para la realización del resto de trabajos. Durante el tiempo de permanencia en este lugar, el depósito debe amarrarse si se previesen fuertes vientos que pudieran desplazarlo o dañarlo.

Se muestra en la siguiente figura la manipulación mediante grúas de un depósito de características similares al de objeto de estudio.



Figura 5.1: Manipulación del depósito con grúas.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 6: Obra Civil.

Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz.

1. SEÑALIZACIÓN DE OBRAS

- ▶ La señalización de obras de ajustará a las ordenanzas municipales vigentes de la zona donde se construya la instalación.
- ▶ No se depositarán escombros o chatarras en la vía pública.
- ▶ Cuando sea necesario se colocarán planchas metálicas o tableros para facilitar el paso de peatones o vehículos.

2. TRAZADO

- ▶ Antes de comenzar los trabajos deberá disponerse de información de los servicios enterrados en la zona de trabajo.
- ▶ Deberán realizarse las calas de reconocimiento necesarias a fin de verificar la viabilidad del trazado y la existencia de los servicios previstos.
- ▶ El trazado será lo más rectilíneo posible.

3. ZONA DE ALMACENAMIENTO

3.1. Excavación

3.1.1. Preparación de la excavación

Antes de comenzar la excavación hay que tener en cuenta lo siguiente:

- ▶ Estructura y servicios enterrados existentes.
- ▶ Lugar para depositar los materiales extraídos que normalmente no deben ser usados como el relleno.
- ▶ Posible existencia de niveles freáticos en la zona procurando tener a disposición bombas de achique si el caso lo requiere.
- ▶ Estabilidad del suelo que condiciona el dimensionamiento de taludes, las dimensiones del foso y posibles afectaciones por derrumbes a las estructuras contiguas existentes.
- ▶ Requisitos de compactación del fondo del foso y del relleno.
- ▶ Previsión de los materiales de relleno, previendo un aumento de los mismos si las condiciones del terreno fuesen propicias a la formación de derrumbes o cavidades.

3.1.2. Dimensiones

La profundidad de la excavación será como mínimo de 3.250 mm; esta excavación debe realizarse con extremo cuidado evitando socavar las cimentaciones y estructuras adyacentes si existiesen, procediendo a entibar la excavación si fuera necesario. Los materiales extraídos que no puedan retirarse del lugar inmediatamente, deben apilarse alejados de los elementos del foso y del material de relleno.



Figura I.6.1: Excavación para el cubeto.

Los materiales que no se usen para el relleno de los alrededores del cubeto, serán transportados a un vertedero autorizado.

Debe señalizarse claramente la zona de trabajo, evitando mediante barreras u otros medios el acceso del personal ajeno a la misma.

3.2. Cubeto

Una vez realizada la excavación se procederá a la construcción del cubeto. Será de hormigón armado de dimensiones 15.900x5.627x3.400 mm y 150 mm de espesor. Sobresaldrá 250 mm del nivel del suelo.

Se construirá primero la base, y después los laterales.

Ver figura I.6.2 dónde se muestra la construcción del cubeto.



Figura I.6.2: Construcción del cubeto.

En la base del depósito se colocarán dos alzas de hormigón que atravesarán perpendicularmente la base del cubeto, será donde se anclen las silletas. Estarán situadas a 3.275 mm del extremo del cubeto, tendrán 100 mm de altura y 400 mm de ancho. El alza derecha será algo mayor, hasta producir una inclinación en el depósito del 0,5 %.

Una vez contruido el cubeto se rellenará el espacio existente entre este y el terreno exterior con el material extraído de la excavación, se compactará.

3.3. Instalación

Antes de colocar el depósito en el cubeto hay que comprobar lo siguiente:

- ▶ Que la documentación aportada por el fabricante es correcta.
- ▶ Que las paredes del tanque no han sufrido daño ni desperfecto.
- ▶ El buen estado del cubeto, especialmente en cuanto a las dimensiones y a la formación de posibles grietas.
- ▶ Que las características y granulometrías del material de relleno que se añadirá son las adecuadas.

Una vez comprobado todo lo anterior, se colocará el depósito en el cubeto de hormigón armado. Se situará centrado dentro de este, de modo que diste 1500 mm de las paredes laterales del cubeto, 260 mm del fondo y 750 mm desde la generatriz superior al borde del cubeto.



Figura I.6.3: Cubeto antes de la instalación del depósito.

Se instalará en una de las esquinas del cubeto un tubo buzo que llegue hasta el fondo de éste, para poder detectar cualquier acumulación de gas o agua en el fondo del mismo. El tubo tendrá un diámetro nominal de $\frac{1}{4}$ " y estará cortado oblicuamente en su extremo inferior, equipado en esta parte con un elemento filtrante que impida la entrada de arena al mismo. Mientras que en el extremo superior se le colocará un tapón para evitar la entrada de agua de lluvia o suciedad desde el exterior.

Una vez que el depósito este colocado en el interior del cubeto, se anclará a éste y se rellenará con arena de río lavada, hasta conseguir una altura de 100 mm por encima de la generatriz superior del depósito. Se compactará debidamente. Ver figura I.6.4 dónde se muestra la operación de relleno del cubeto con arena de río lavada.

Se ha elegido este material de relleno ya que debe está exento de piedras y elementos que puedan dañar al depósito o a su protección.



Figura I.6.4: Relleno de la cubeta con arena de río lavada.

Una vez compactada la arena de río lavada se procede a la instalación de la placa de hormigón donde irá fijada la bomba. La placa se colocara transversal al depósito, atravesando el cubeto de un extremo al otro. Se situará a la derecha de la tubuladura donde se conectará la bomba (tubuladura C), exactamente a 5 cm de ésta. Se fijará al cubeto mediante cuatro escuadras metálicas, dos en cada extremo. La placa tendrá unas dimensiones de 5.320 x 250 mm y de 50 mm de espesor.

Una vez completada la instalación se realizarán antes del primer llenado las pruebas, ensayos y verificaciones establecidas en la *Norma UNE 60250*. Para más información acerca de ellas ver apartado 1 “Puesta en marcha” del capítulo 4 “Protocolo de funcionamiento”.

Si son válidas éstas, se instalará el sistema de protección catódica. Se colocarán los electrodos en el modo en el que se indica en el capítulo 3 “Protección contra la corrosión”, se unirán al depósito mediante el cable suministrado por el fabricante. Seguidamente se comprobará que el potencial de protección es igual o inferior a $-0,85$ V. Si no fuese así se consultaría con el fabricante del sistema de protección catódica.

3.4. Techo

Se colocará un techo para proteger al depósito y a sus accesorios de los agentes exteriores que puedan dañarlo o deteriorarlo (lluvia, suciedad, etc.).

El techo tendrá unas dimensiones de 16.250 x 6.000 mm y se instalará inclinado un 10 % hacia la zona trasera (para que el agua de lluvia fluya y no se produzcan acumulaciones sobre el techo). Tendrá una altura de 2.000 mm medido desde el suelo hasta su zona más baja (encima del zócalo, 150 mm).



Figura I.6.5: Panel tipo sándwich para el techo.

Estará formado por 26 paneles tipo sándwich de 3.000 x 1.250 y 30 mm de espesor cada uno de ellas. Ver anexo 17 para la elección del espesor según la zona geográfica de instalación y para mayor información acerca de las características de los paneles).

Se ha escogido este tipo de material para el techo porque es uno de los que menos se calienta con la radiación solar (hay que tener en cuenta que en la zona geográfica donde se instalará el depósito hay muchas horas de radiación solar diarias y que las temperaturas son altas).

El bajo calentamiento del material se debe a que está compuesto por tres capas distintas: las dos exteriores que son de aluminio termocolado y la interior que es de poliestireno extruido, que será la que actúe como aislante. De este modo el techo se calentará mucho menos que si fuese solo de metal.

Estará sujeto mediante 8 vigas metálicas en forma de “U” invertida que se unirán por su parte superior al techo y por su parte inferior a la cubeto que contiene el depósito.

3.5. Cercamiento

Se colocará un cercamiento alrededor del cubeto, que cumpla los requisitos establecidos en la *Norma UNE 60250*.

Estará formado por la unión de paneles rígidos de malla soldada, que tendrán un cuadro de 200 x 50 mm y 5 mm de espesor para permitir una buena ventilación e impedir el acceso de



Figura I.6.6: Panel metálico con poster para sujeción.

personas ajenas a la zona.

De dimensiones totales 20.000 x 8.000 mm y una altura de 2.000 mm y se fijará sobre un zócalo de 150 mm de altura (debe ser inferior de 300 mm).

Estará sujeto mediante postes de 60 x 40 x 1,5 mm de espesor y 2.400 mm de altura (una vez instalados su altura será de 2.000 mm, igual que el cercamiento), colocados cada 2 metros de cercamiento (excepto en la zona de la puerta, que será de 1 metro).

Se colocará una puerta de 900 x 2.000 mm en la zona frontal del cercamiento, a 5 m del extremo derecho del mismo. Esta puerta abrirá hacia el exterior y será de clase B- s3,d0 de acuerdo con la *Norma UNE-EN 13501-1* y los cierres serán de accionamiento rápido desde el interior, sin necesidad de utilizar llaves.

El espacio existente entre el cubeto y el cercamiento será cubierto con el material extraído de la excavación del cubeto.

Todos los equipos: de trasvase, impulsión, regulación y medida deben quedar dentro del cercamiento.

3.6. Zona estacionamiento camión cisterna

En la zona delantera del recinto cercado se habilitará un espacio para el estacionamiento del camión cisterna durante la operación de trasvase.

Lindará con el cercamiento metálico y será paralela a éste. Sus dimensiones serán de 15.000 x 4.000 mm.

La zona se señalizará debidamente en el suelo y será lo suficientemente espaciosa como para poder colocar otro tipo de señalización exterior (si fuese necesario).

4. ZONA DE SUMINISTRO

4.1. Surtidor

El surtidor se colocará sobre un islote de forma rectangular con los bordes redondeados, de 2.000 x 1.000 mm y de 150 mm de altura (100 mm como mínimo). Como el surtidor es de tipo apoyado se anclará al islote.

Se colocarán también sobre el islote dos postes protectores ante impactos de vehículos, uno en cada extremo del islote; cuya finalidad es la de impedir el impacto de los vehículos contra el surtidor en caso de colisión.

4.2. Zona estacionamiento de vehículos

Delante de la isleta donde irá instalado el surtidor se habilitará una zona para el estacionamiento de los vehículos que vayan a repostar combustible. Las dimensiones de esta zona serán de 5.000 x 2.500 mm.

La zona quedará debidamente señalizada en el suelo y se dejará el suficiente espacio libre como para que pueda esperar otro vehículo detrás.

5. OBRA CIVIL E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

En la instalación objeto de estudio existirán distintas líneas de tuberías, algunas serán aéreas, otras subterráneas y otras tendrán tramos aéreos y otros enterrados. Todas serán del mismo material, acero inoxidable 304 e irán dotadas de la protección contra la corrosión necesaria en función de su ubicación. Cada una tendrá características (longitudes, diámetros y espesores), elementos y accesorios distintos en función de su uso.

A continuación se verán la obra civil y la instalación necesaria de las distintas líneas de tuberías (o de los tramos, si es que tuviese un tramo aéreo y otro enterrado) en función de si su instalación es aérea o enterrada.

5.1. Tuberías aéreas

5.1.1. Descripción

Serán cuatro las tuberías que serán aéreas durante todo su recorrido, sus diámetros respectivos son: 1 ¼" (tubería de purga superior), 2" (tubería de la boca de carga), 1 ¼" (tubería de retorno de gas de la cisterna) y 3 ½" (tubería para las válvulas de seguridad).

Además de estas, existen otras dos tuberías que tendrán un tramo aéreo, sus diámetros respectivos son: 1 ¼" (tubería de impulsión hacia el surtidor), 1 ¼" (tubería de retorno del surtidor). Serán aéreas solo desde la tubuladura de la que parten en el depósito hasta el exterior del cubeto.

Todas ellas se instalarán cumpliendo las condiciones de distancias y trazados correspondientes.

Se protegerán las tuberías contra la corrosión mediante la aplicación de imprimación y pinturas, ya que son aéreas.

5.1.2. Instalación

Se instalarán siguiendo las líneas definitorias del lugar en el que se emplacen, siendo todos los tramos verticales y horizontales.

La separación de la tubería hasta el elemento de sustento (cubeto) será de 2 cm, puede verse en la figura I.6.7.

Los elementos singulares de la instalación vista o aérea, como llaves de paso, reguladores, etc., quedarán sujetos de forma que no se muevan al maniobrarlos. En las instalaciones realizadas con acero (a partir de un diámetro de 40 mm), las válvulas de paso, los reguladores y demás elementos, se fijan si fuera necesario a un soporte fijo.

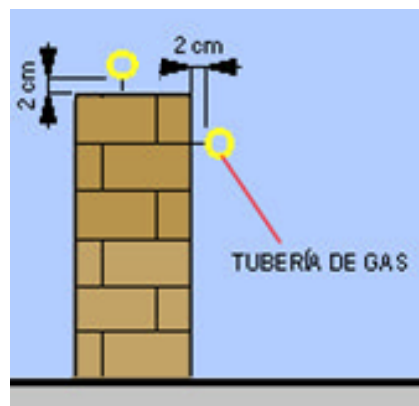


Figura I.6.7: Distancia mínima desde la tubería al elemento de sustento.

Para las tuberías aéreas de la instalación no será necesaria la colocación de grapas, ya que las distancias son relativamente cortas (son menores que las distancias mínimas entre apoyos para tuberías de acero).

Previo a la instalación de las tuberías se procederá al limpiado éstas (eliminación de suciedad, cascarilla, oxido, humedad, etc.), para la posterior aplicación de la pintura anticorrosión y la pintura de acabado para la identificación. Para mayor información acerca de la protección contra la corrosión de las tuberías aéreas ver apartado 3 “Protección contra la corrosión” del capítulo 3 “Descripción específica”.

5.2. Tuberías enterradas

5.2.1. Descripción

Serán tres las tuberías que irán enterradas (por completo o solo un tramo), sus diámetros respectivos son: 1 ¼” (tubería de impulsión hacia el surtidor), 1 ¼” (tubería de retorno del surtidor) y ¾” (tubería A de prueba métrica). Ésta última irá enterrada en todo su recorrido, mientras que las otras dos irán enterradas solo desde el exterior del cubeto hasta la base del surtidor. El otro tramo (desde la tubuladura correspondiente hasta el exterior del cubeto) será aéreo, por tanto tendrá que cumplir con las características del apartado anterior.

La mayoría de la superficie correspondiente a la zona donde se enterrarán las tuberías será una zona habilitada para el paso de vehículos, por tanto la obra civil deberá hacerse de modo que las canalizaciones estén preparadas para soportar el tránsito de vehículos.

Se instalarán las tres tuberías juntas en una única zanja, ya que la red de tuberías diseñada lo permite. De este modo se simplificará el trazado de tuberías y los trabajos de excavación.

Se protegerán las tuberías contra la corrosión mediante encintado. Para más información acerca de la protección de las tuberías enterradas ver apartado 3 “Protección contra la corrosión” del capítulo 3 “Descripción específica”.

5.2.2. Zanja

Se realizará una única zanja con refuerzo mecánico (ya que se prevé el paso de tráfico rodado por encima de ella) de 800 mm de ancho y 900 mm de profundidad, que vaya desde el cubeto hacia el surtidor. Se realizarán entibaciones en el caso que fuese necesario.

La composición de los distintos niveles de materiales en el relleno de la zanja (ordenados desde el fondo de la zanja hasta la superficie) será el siguiente:

1. Ladrillo: situado en el fondo de la zanja como refuerzo mecánico.
2. Arena de río lavada: la misma que se usa en el relleno del cubeto. Una primera capa de 5 cm que va desde el fondo de la zanja hasta la generatriz inferior de la tubería. Otra segunda capa que cubra la tubería y una última capa de 25 cm por encima de ésta.
3. Banda de señalización: banda de plástico de policloruro de vinilo de color amarillo, perforada y con la impresión de la leyenda “CANALIZACIÓN DE GAS”, que se colocará en todo el trazado para advertir de la presencia de una tubería de gas. Estará situada a una distancia de 25 cm por encima de cada tubería. Ver figura I.6.8 dónde se muestra dicha banda de señalización.



Figura I.6.8: Banda amarilla para advertencia de tubería de gas.

4. Tierra compactada, la misma que se extrajo de la excavación, con un espesor de 30 cm.
5. Asfalto, con un espesor de 5 cm.

Para aclaraciones ver la siguiente figura, dónde se muestran los distintos estratos que componen una zanja con refuerzo mecánico.

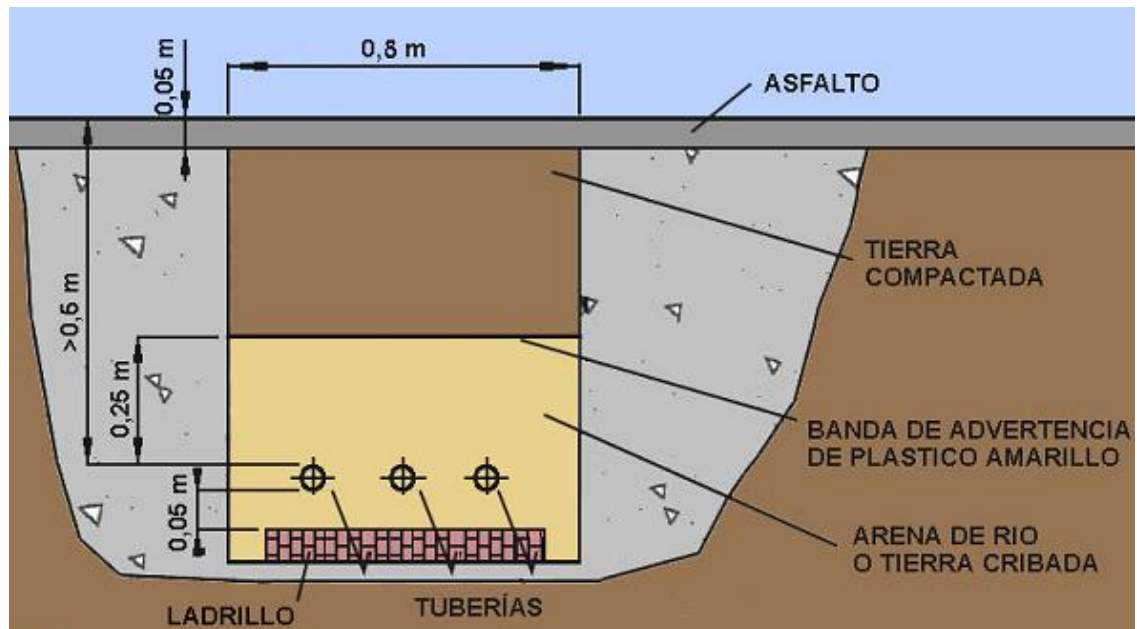


Figura I.6.9: Estratos de distintos materiales en zanja con refuerzo mecánico.

5.2.3. Puesta en zanja

Una vez realizado el encintado para proteger a las tuberías contra la corrosión, se pasará a la puesta en zanja de las mismas.

Las tuberías se instalarán de modo que exista una distancia de 150 mm entre los ejes centrales de una tubería y otra. La profundidad de enterramiento (distancia entre la generatriz superior de la canalización y el nivel del suelo) será de 0,6 m.

Al introducir una tubería en una zanja, debe estar taponada en ambos extremos para evitar que se introduzcan elementos como piedras, tierra, arena, etc.

Se tendrá en cuenta que las tuberías sufren contracciones y dilataciones, con lo que el recorrido se hará de forma sinuosa para poder absorber los efectos mencionados.

La entrada al terreno de una tubería de gas se realizará protegiendo el tramo justo anterior a dicha entrada, aproximadamente de 15 a 20 cm como mínimo, mediante una vaina para protección mecánica. Del mismo modo se procederá en la salida de tuberías.

6. ARQUETA DE INTERVENCIÓN Y PRUEBA MÉTRICA

Se construirá una arqueta para tener acceso a las dos válvulas de las tuberías de impulsión y retorno al surtidor, y las dos válvulas de conexión para la realización de la prueba métrica. La arqueta se situará sobre la red de tuberías enterradas, a 1 metro del surtidor.

La excavación necesaria para la arqueta coincide con la de las tuberías, por tanto solo será necesario ensancharla, hasta obtener una excavación de 1.000 x 1.000 mm. La profundidad coincide también con la de las tuberías enterradas, 900 mm.

Se construirán la base y los lados de la arqueta de hormigón armado de espesor 100 mm, quedando un hueco interior de dimensiones 600 x 600 mm y 700 mm de profundidad. El hueco existente entre la arqueta y la superficie exterior se rellenará con material extraído de la excavación.

La arqueta quedará cerrada con una tapa metálica dotada de asa escondida y bisagras con el espesor suficiente para soportar el tránsito de vehículos sobre ella.

7. CASETA PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO

Se construirá una pequeña caseta o armario que albergará todos los elementos necesarios para el accionamiento del sistema neumático (compresor, motor eléctrico, válvulas, etc.). Se establecen unas dimensiones aproximadas para dicho armario, que podrán ser modificadas por la empresa instaladora del sistema neumático en función de las necesidades del sistema neumático. Estas dimensiones serán de 1.500 x 1.000 x 1.500 mm.

Dicha caseta estará situada a 9 metros de la cuba del depósito. Se toma como referencia para establecer esta distancia el apartado 2.2 de la *Norma UNE 60630*, dónde se indican las características de las arquetas para bombas y compresores. Aunque este no sea el caso, a ser los equipos son muy similares tendrán requerimientos parecidos.

8. EDIFICACIONES DE SERVICIO

Las edificaciones de servicio que se construyan en la estación de GPL se harán conforme a lo establecido en la Norma UNE 60250.

Deben ser de una sola planta, cuya cota no debe ser inferior a la del nivel del terreno que la circunda.

En su construcción se deben emplear materiales de clase A1 o A2-s1,d0 , de acuerdo con la *Norma UNE-EN 13501-1*, cuando se trate de paredes o del techo, y de clase A1 FL o A2FL-s1 cuando se trate de suelo.

Las construcciones de servicio cerradas deben permitir la fácil salida del personal en caso de peligro, sus puertas deben ser metálicas y se deben abrir siempre hacia el exterior.

Las cerraduras deben ser de accionamiento rápido y deben poder ser accionadas desde el interior sin necesidad de utilizar llaves.

9. PAVIMENTO

Todo el suelo que rodea tanto la zona de almacenamiento como al islote, incluyendo las zona de estacionamiento habilitada para el camión cisterna y la habilitada para los vehículos que van a repostar serán asfaltadas.



Figura I.6.10: Bordillo de calzada.

La zona existente entre el cercamiento y el cubeto estará cubierta con el material que se extrajo de la excavación debidamente compactado.

La isleta donde se instalará el surtidor estará circundada por bordillos de calzada (ver figura I.6.10) de tamaño 500 x 200 x 150 mm y cubierta con baldosas para acera común de 200 x 200 mm (ver figura I.6.11). Se colocarán sobre ellas cuatro protecciones para evitar el impacto de los vehículos con el surtidor en caso de colisión.

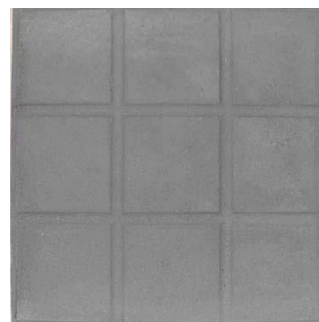


Figura I.6.11: Baldosa para acera.

10. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA OBRA CIVIL

Se ha realizado un estudio básico de seguridad y salud para la ejecución de la obra civil. En él se indican entre otros la identificación de los peligros, los equipos de primeros auxilios, las medidas de lucha contra incendios, las medidas en caso de vertido accidental, información referente al transporte y almacenamiento de materiales etc.

Puede verse dicho documento en el anexo 21.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 7: Seguridad y Prevención.

Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz.

1. EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

1.1. Extintores

1.1.1. Normas básicas

- ▶ Deberán mantenerse a plena carga, en condiciones de funcionamiento y colocados en lugares adecuados.
- ▶ Deberán situarse visiblemente colocados, en lugares de fácil acceso y en un área libre de obstáculos.
- ▶ Los extintores estarán identificados por el agente extintor que contiene y la clase de fuego contra el que debe aplicarse.
- ▶ Se colocarán verticalmente, a una altura menor de 1,7 m desde el suelo al extremo superior del extintor.
- ▶ Deberán someterse a inspecciones periódicas para verificar su estado de carga, existencia de daños por corrosión y realizar ensayos hidrostáticos.
- ▶ En la elección del extintor deberá tenerse en cuenta la naturaleza del combustible o clase de fuego, grado de riesgo existente, condiciones ambientales, toxicidad del agente, eficacia del extintor, etc.
- ▶ El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio.

1.1.2. Ubicación y tipos de extintores

1.1.2.1. Zona de almacenamiento

Según la *Norma UNE 60250*, para la instalación objeto de estudio con un depósito enterrado de 50 m³ de volumen, será obligatorio el uso de materia extintora.

Al ser el depósito de tipo E60, se debe disponer de una materia extintora mínima de 50 kg de polvo químico seco (un kilogramo de polvo químico seco por cada metro cúbico de volumen geométrico de capacidad de almacenamiento).

Se colocarán por tanto 6 extintores manuales de 9 kg cada uno, con una eficacia de 34A-183B-C. Se situarán 4 de ellos dentro del cercamiento,

uno en cada esquina, apoyados en el suelo. Los otros 2 se situarán fuera, anclados verticalmente en las dos esquinas delanteras del cercamiento, a una altura de 1,7 m desde el suelo hasta el extremo superior del extintor.



Figura I.7.1: Extintores de 9 kg, 6 de ellos irán en la zona de almacenamiento.

Para ver las características técnicas de los extintores, ver anexo 18.

1.1.2.2. Zona de suministro

Según la *Norma UNE 60630*, además de las instalaciones de protección contra incendios previstas en la *Norma UNE 60250*, la zona de suministro estará dotada de dos extintores portátiles de eficacia 8A-113B de acuerdo con la *Norma UNE 23110-1* (es obligatorio colocar uno por cada aparato suministrador, más otro de repuesto para el conjunto). Por lo que habrá que colocar 2 extintores de 6 kg cada uno de ellos. Éstos se colocarán próximos al surtidor, puede verse su ubicación exacta en el plano N° 10.

Todos los extintores de la instalación se señalizarán mediante un cartel como el de la figura I.8.2, para que sea más fácil su localización en caso de necesidad. Estos carteles se colocarán sobre el extintor, a una altura a la que sean fácilmente visibles desde cualquier punto de la estación de servicio.



Figura I.7.2: Señalización de extintores.

El mantenimiento de los extintores se realizara conforme a las exigencias del fabricante y a la normativa vigente en materia de protección contraincendios.

1.2. Instalaciones de agua

Dado que el volumen del depósito es menor de 60 m³ no se precisara de instalación de agua para la lucha contraincendios.

2. EMERGENCIAS

2.1. Gestión de emergencias

En caso de emergencia, son los operarios de la estación de servicio los primeros en intervenir. Se seguirá uno de los siguientes protocolos de actuación en función del tipo de emergencia que sea.

2.1.1. Pérdidas leves

En caso de leves pérdidas en la instalación, cerrar la válvula de intervención antes y después del punto de fuga, accionando también las válvulas de intervención controladas a distancias, pulsando el interruptor de emergencia.

2.1.2. Pérdidas graves

Además de realizar todo cuanto se ha dicho en el punto anterior, llamar inmediatamente a los bomberos.

XXX XXXXXXXX (Nº de contacto de la estación de bomberos más cercana).

2.1.3. Incendios

Avisar inmediatamente a los bomberos e intervenir interceptando la pérdida que ha causado el incendio de alguna de las formas mencionadas con anterioridad.

Solo con el incendio casi apagado intervenir con los extintores portátiles.

En la estación de servicio se colocarán dos carteles en los que aparece el protocolo de actuación en caso de emergencia. Estos dos carteles se

colocarán, uno en el panel situado de la zona de almacenamiento y otro en el panel situado junto al surtidor. Se puede el cartel en la figura I.8.10.

2.2. Sistemas de corte en caso de emergencia

En la estación de servicio objeto de estudio se dispone de 3 pulsadores de emergencia de tipo seta. Estarán claramente identificados y quedarán bloqueados tras su utilización, tal y como se indica en el apartado 7 de la *Norma UNE 60630*. Puede verse en la figura I.8.3 uno de los pulsadores de emergencias.



Figura I.8.3: Pulsador de emergencia tipo seta.

Al accionar un pulsador de emergencia se interrumpe inmediatamente el funcionamiento de la instalación. Se corta de un modo automático el flujo de combustible tanto en la zona de almacenamiento y como en el surtidor, mediante el accionamiento de las válvulas situadas en la “arqueta de intervención y prueba métrica”.

Se colocará un pulsador dentro del cercamiento, junto a la boca de carga. Mientras que los otros dos se colocarán en los paneles de información: uno situado delante del cercamiento y otro junto al surtidor. Puede verse su ubicación dentro del panel en la figura I.8.10.

3. SEÑALIZACIÓN

3.1. Carteles

Según la *Norma UNE 60250* y la *Norma UNE 60630* en una estación de servicio de GPL se debe disponer del material siguiente:

3.1.1. Carteles de aviso y prohibición generales

Para la instalación objeto de estudio serán necesarios tipos de carteles de aviso y prohibiciones generales, en los que se indicará: “Gas inflamable” y “prohibido fumar y encender fuego”. Ver figuras I.8.4 y I.8.5.

Se situará uno de cada tipo en la zona central cada uno de los lados del cercamiento, para que estén bien visibles. Se colocarán otros dos (uno de cada tipo) en la puerta de acceso a la zona de almacenamiento.

Se colocarán también en los paneles informativos, que estarán situados uno en la zona de almacenamiento y el otro cercano al surtidor.



Figura I.8.4: Cartel “peligro gas inflamable”.



Figura I.8.5: Cartel “prohibido fumar y encender fuego”.

3.1.2. Carteles de aviso y prohibición específicos

Indicarán las prohibiciones específicas durante la operación de trasvase y de suministro de GPL a los vehículos. Estas prohibiciones se deben respetar y hacer respetar por el personal de la explotación. En estos carteles se indica que queda terminantemente prohibido durante las operaciones de trasvase y suministro de GPL a vehículos:

- ▶ Fumar.
- ▶ Encender fuegos o hacer circular llamas libres.
- ▶ Mantener vehículos en marcha o con las luces encendidas.
- ▶ Efectuar reparaciones de vehículos o de los elementos de la propia instalación.

Se colocarán dos carteles de este tipo, uno en el panel que se situará próximo al surtidor y otro en el panel que se situará fuera del cercamiento de la zona de almacenamiento. Puede verse el cartel en la figura I.8.6.

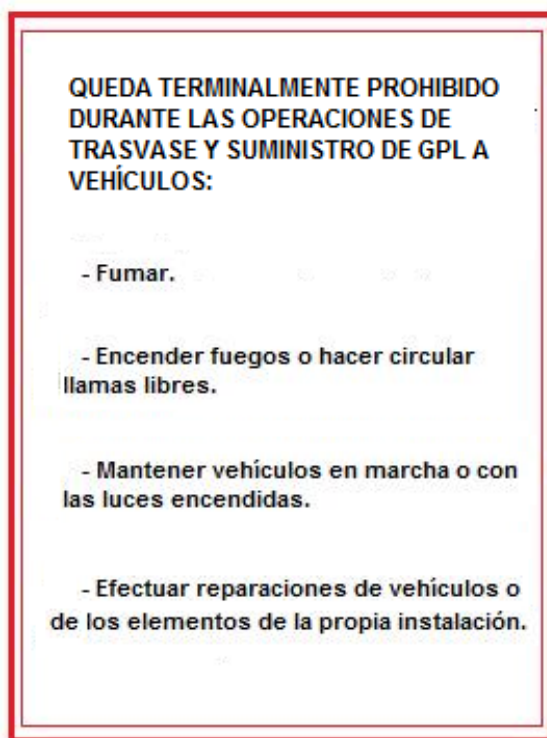


Figura I.8.6: Cartel de prohibiciones específicas durante la operación de trasvase y de suministro de GPL a vehículos.

3.1.3. Normas de funcionamiento

Son carteles donde se refleja la información relativa a las normas de funcionamiento de cada una de las operaciones que se realizan en la instalación, que son: la operación de trasvase, la operación de drenado y la operación de suministro de GPL a los vehículos.

Se colocarán dos carteles con las normas de funcionamiento: uno en el panel de la zona de almacenamiento, donde se recopilará la información relativa a los procedimientos de las operaciones de trasvase y drenado del depósito. Y el otro en el panel situado junto al surtidor, donde se recopilará la información relativa al procedimiento de suministro de GPL a vehículos.

Pueden verse ambos carteles, en las figuras I.8.7 y I.8.8.

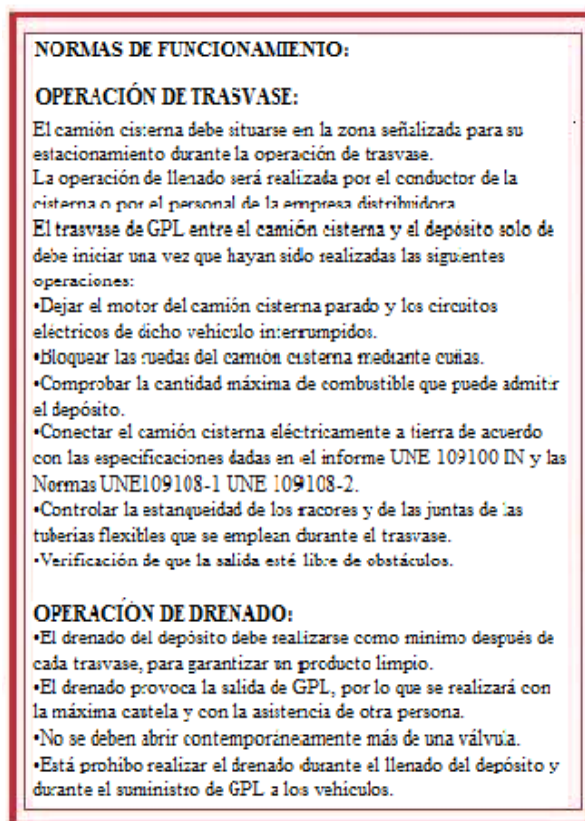


Figura I.8.7: Cartel con normas de funcionamiento para el trasvase y drenado. Panel de Zona de almacenamiento.

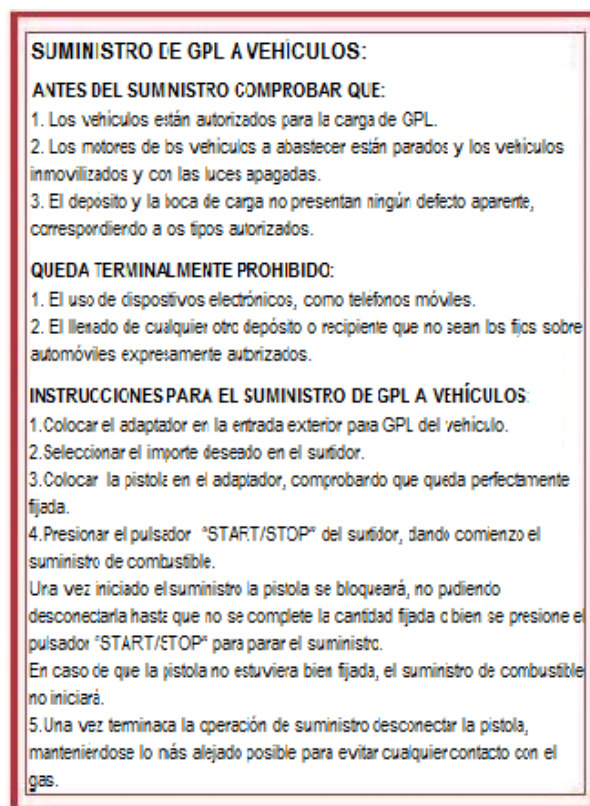


Figura I.8.8: Cartel con las normas para el suministro de GPL a vehículos. Panel de Zona de suministro.

Puede verse más claramente estos carteles en el anexo 18. Para mayor información sobre las Normas de Funcionamiento ver apartado 2 “Explotación de la instalación” del capítulo 4 “Protocolo de funcionamiento”.

3.1.4. Esquema de la instalación e identificación de elementos

Se colocará un cartel con un esquema de flujo de la instalación donde se muestren los elementos, accesorios y sistemas de actuación principales, de modo que si hubiese que actuar en caso de emergencia, se pueda acceder a la información de forma fácil y rápida. El esquema será claro, sencillo y fácilmente legible.

Se colocará junto a este otro cartel donde se identificarán los elementos más importantes de la instalación, de modo que junto con el esquema de flujo, se dé una idea clara de las partes y el funcionamiento de la instalación.

Esta información se colocará en los dos paneles de información situados en la estación de servicio. Puede verse el cartel que se colocará en la instalación en la figura I.8.10.

3.1.5. Gestión de emergencias

En estos carteles se recopilará información sobre el procedimiento de actuación en caso de pérdidas leves, pérdidas importantes y en caso de incendio.

Se colocarán dos carteles de este tipo, uno en el panel situado de la zona de almacenamiento y otro en el panel situado junto al surtidor. Puede verse el cartel en la figura

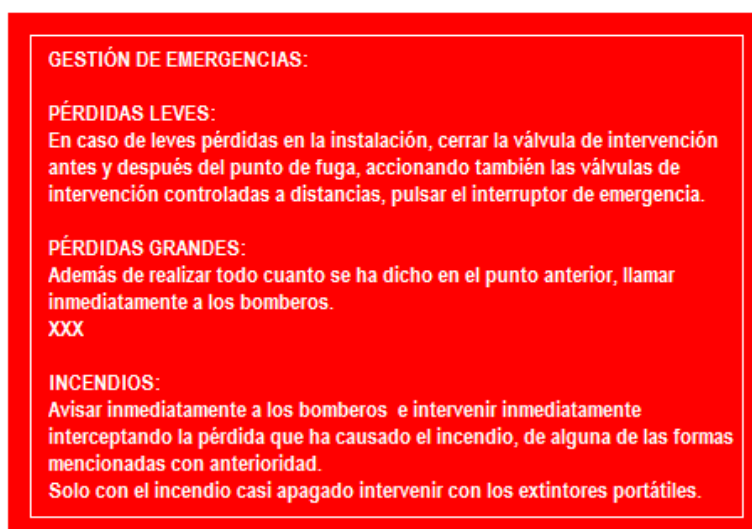


Figura I.8.9: Cartel de “Gestión de Emergencias”.
I.8.9 y su posición dentro del panel en la figura I.8.10.

3.2. Paneles

Como hemos visto en los apartados 2 y 3 de este capítulo, gran parte de los carteles y de los interruptores de emergencias se situarán en paneles.

En la estación de servicio del presente proyecto se colocarán dos paneles, uno en la zona de almacenamiento, ubicado en la parte frontal, exactamente a 1 m a la izquierda de la puerta; y otro a la derecha del surtidor, a 0,5 metros de éste. Se ubicarán de este modo para que cualquier persona pueda tener fácil acceso a su lectura.

En los paneles se recogerá información relativa a las normas de seguridad, de funcionamiento y de actuación en caso de emergencia, también se colocarán en ellos el pulsador de emergencia. Tendrán un tamaño de 600 x 1.200 mm y se situarán de tal modo que el extremo superior del cartel esté a una altura de 2000 mm.

Los carteles y elementos expuestos en cada uno de ellos serán:

3.2.1. Panel zona de almacenamiento

- ▶ Señales de “gas inflamable” y “prohibido fumar y encender fuego”.
- ▶ Esquema de flujo de la instalación.
- ▶ Identificación de elementos.
- ▶ Normas de funcionamiento:
 - Operación de trasvase.
 - Operación de drenado.
- ▶ Gestión de emergencias.
- ▶ Interruptor de emergencias.

3.2.2. Panel zona de suministro

- ▶ Señales de “gas inflamable” y “prohibido fumar y encender fuego”.
- ▶ Esquema de flujo de la instalación.
- ▶ Identificación de elementos.
- ▶ Normas de funcionamiento:
 - Operación de suministro a vehículos.
- ▶ Gestión de emergencias.
- ▶ Interruptor de emergencias.



Figura I.8.10: Distribución de carteles y elementos en el panel.

Puede verse una representación de cómo se distribuirá la información en los paneles en la figura I.8.10. Mientras que la información expuesta en cada uno de los carteles puede verse en los apartados correspondientes a cada tipo de cartel o en el anexo 18.

3.3. Suelos

En el asfalto de la estación de servicio se indicará mediante flechas el recorrido a seguir por los vehículos hasta la zona de suministro y el camino para salir de la estación de servicio. Se delimitará y señalará también la zona destinada al estacionamiento de vehículos para la operación de suministro.

Se hará lo mismo con la zona destinada al estacionamiento del camión cisterna para la realización de la operación de trasvase.

4. PROTECCIONES

En los extremos de la isleta en la que se instalará el surtidor se colocarán dos protecciones para evitar el impacto de los vehículos con el surtidor. De tal forma que si algún vehículo se desviase de su trayectoria a cierta velocidad impactaría con la protección no con el surtidor.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 8:

Estudio económico y de viabilidad.

*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de
servicio de la provincia de Cádiz.*

1. INTRODUCCIÓN

A continuación se hará un estudio para conocer el tiempo de amortización de la estación de servicio objeto de estudio y el beneficio anual generado por la misma. Se supondrá que la estación de servicio entrará en funcionamiento dentro de dos años. El periodo de tiempo para el que se hará el estudio será de 10 años a partir de la puesta en servicio de la misma.

2. DATOS

Se estudiarán individualmente cada una de las variables que entran en juego en este estudio. Para ello se fijarán unos valores iniciales para el momento de puesta en servicio de la instalación (dentro de dos años), seguidamente, se dará la variación anual de los mismos.

2.1. Número de vehículos

En la actualidad existen en España aproximadamente unos 5.000 vehículos que funcionan con GPL, de los cuales se estima que un 7 por ciento transitan por la provincia de Cádiz.

Dado que no se conoce la ubicación exacta de la estación de servicio objeto de estudio, solo se sabe qué está situada en la provincia de Cádiz, se supone que un 65 por ciento de los vehículos de esta provincia repostarían combustible en esta estación de servicio. Obteniéndose un valor de 210 vehículos.

Si a ello le añadimos un porcentaje relativo a los vehículos que no transiten habitualmente por la provincia (el 5%), sino que lo hagan de modo puntual (por ejemplo los turistas), el número de vehículos será de 239.

Teniendo en cuenta el futuro incremento del número de vehículos a GPL, que se espera que sea para los próximos 7 años del 20 por ciento, cuando la estación de servicio esté preparada para la puesta en servicio (dentro de 2 años), el número de vehículo que en teoría repostarán en ella será aproximadamente de 345. A partir del séptimo año (teniendo en cuenta el tiempo de puesta en servicio), el crecimiento esperado del número de vehículos será del 10 %.

Por tanto, se estima que en el momento de puesta en servicio de la instalación el número de vehículos que repostarán en ella será aproximadamente de 350.

2.2. Consumo de GPL anual

Una vez que se conoce el número de vehículos que repostan anualmente, habrá que definir qué cantidad de combustible repostada cada uno de ellos y con qué frecuencia lo hará, para obtener así el consumo anual de GPL.

En primer lugar habrá que fijar el volumen de los depósitos de GPL de los vehículos, para el cual se tomará un valor medio de 60 litros (existen actualmente en el mercado depósitos desde 30 a 90 litros).

Se supondrá que cada vez que un vehículo reposte combustible llenará el depósito al máximo (al 80 % del volumen) y que lo hará con una frecuencia de una vez cada dos semanas. Con estos datos se podrá calcular el consumo anual de un vehículo, que será un valor fijo de 1.248 l/año.

Con este dato y el número de vehículos que repostarán en la estación de servicio (que variará anualmente), se calculará el consumo anual de combustible de la estación de servicio.

2.3. Precio del GPL (venta al público)

Se toma como precio de venta al público el valor medio registrado durante 2009 en la provincia de Madrid, que es de 0,540 €/l, al cual se le sumará un 1,2 % referente al aumento de precio para los años sucesivos, por lo que para el año de puesta en servicio el precio será de 0,5465 €/l.

Con este dato y el del consumo anual de combustible de la estación, se calcularán las ganancias anuales debidas a la venta de combustible.

2.4. Coste del GPL (empresa suministradora)

Dado que el GPL suministrado en la estación de servicio proviene de la empresa genérica X, se supone que el coste del combustible será un 50 por ciento menor que el precio de venta al público, por lo que el coste del litro de combustible para el año de puesta en servicio será de 0,2732 €/l.

Con este dato y el del consumo anual de combustible de la estación, se calculará el coste anual del combustible de la estación de servicio.

2.5. Coste de la instalación

El coste de la instalación, como se muestra en el documento IV, “Presupuesto” ascenderá a 173.658,29 €.

2.6. Coste mantenimiento de la instalación

Se supone que el coste anual derivado del mantenimiento de los equipos y de mantener la estación de servicio en funcionamiento (personal, iluminación, transporte, etc.) será aproximadamente de 4000 € al mes, lo que supone 48.000 euros al año; este valor aumentará anualmente un 1%, para tener en cuenta la subida de precios.

Se recopilan en la siguiente tabla los valores fijados en los apartados anteriores:

Tabla I.8.1:
Recopilación de datos para el estudio económico.

CONCEPTO	VALOR
Tiempo de puesta en servicio de la instalación	2 años
Tiempo del estudio (a partir de la puesta en servicio)	10 años
Número de vehículos (a partir de la puesta en servicio)	350 (+20 % / 10 % anual)
Consumo anual vehículo (l/año)	1248 l/año
PVP inicial del GPL (Madrid 2009)	0,54 €
PVP del GPL (a partir de la puesta en servicio)	0,5465 € (+1,2 % anual)
Coste GPL (empresa suministradora X)	50% PVP (+1,2 % anual)
Coste de la instalación	173.658,29 €
Coste de mantenimiento	48.000 €/año (+1 % anual)

3. ESTUDIO ECONÓMICO

Se muestran en la siguiente tabla los datos estimados a partir de los valores fijados en el apartado anterior, referentes a los costes, las ganancias y el tiempo de amortización.

Los datos para tiempo cero son los referentes al momento de puesta en servicio de la instalación (dentro de dos años), mientras que el resto corresponden a cada año a partir de dicho momento.

En los “costes totales” se incluye el coste del combustible y de mantenimiento de la instalación. En las “ganancias totales” se incluyen las ganancias producidas por las ventas de combustible teniendo en cuenta también el mantenimiento de la instalación; mientras que las ganancias netas, se refieren a las ganancias totales menos el coste de la instalación.

3.1. Tiempo de amortización

El tiempo de amortización es el tiempo en el cual las ganancias totales generadas por la instalación igualan a los costes totales, es decir, el tiempo para el cual las ganancias netas son cero.

Teniendo en cuenta el coste inicial de la instalación y el coste de mantenimiento de la misma, el tiempo que tendrá que transcurrir para que se recupere lo invertido será aproximadamente de un año y cuatro meses.

3.2. Beneficio anual

Una vez que se ha recuperado el capital invertido en la construcción de la estación de servicio y en el mantenimiento de la misma, se calcula el beneficio que generará la instalación objeto de estudio cada año. Puede verse este valor del beneficio anual en la tabla I.8.2.

Como puede observarse, durante el primer año se recuperaría la mayor parte del capital invertido, mientras que a partir del segundo año se empezarían ya a generar beneficios.

Este beneficio variará desde 114.112 € en el segundo año, he irá aumentando hasta llegar a 593.592 € durante el último año de estudio (décimo año).

Tabla I.8.2:
Estudio económico para los diez primeros años tras la puesta en servicio de la instalación.

Tiempo (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial (€)	173.658	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento (€) (48.000+1% anual)	48.000	48480	48964,8	49454,5	49949	50.448,48	50.952,97	51.462,5	51.977,12	52.496,89	53.021,86
Coste GPL (€/l) (-50% PVP)	0,2733	0,2765	0,2798	0,2832	0,2866	0,2900	0,2935	0,2970	0,3006	0,3042	0,3079
PVP GPL(€/l) (PVP _{Madrid 2009} +1,2% anual)	0,5465	0,5530	0,5597	0,5664	0,5732	0,5801	0,5870	0,5941	0,6012	0,6084	0,6157
Nº Vehículos (+20 ó +10% anual)	420	504	605	726	871	1045	1150	1265	1391	1530	1683
Consumo GPL (l/año)	524.160	628.992	755.040	906.048	1.087.008	1.304.160	1.435.200	1.578.720	1.735.968	1.909.440	2.100.384
Coste GPL (€/año)	-	173.928	211.287	256.588	311.536	378.246	421.253	468.935	521.832	580.861	646.614
Ganancia GPL(€/año)	-	347.858	422.573	513.177	623.073	756.491	842.505	937.870	1.043.664	1.161.722	1.293.227
Ganancia Total (€/año)	-	125.449	162.322	207.134	261.588	327.797	370.300	417.473	469.855	528.364	593.592
Ganancia Neta (€/año)	-	-48.209	114.112	207.134	261.588	327.797	370.300	417.473	469.855	528.364	593.592

4. CONCLUSIONES

Una vez realizado el estudio económico y de viabilidad de la instalación objeto de estudio, puede decirse que la ejecución del proyecto “Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz” es económicamente viable y rentable.

El tiempo de amortización del mismo será de aproximadamente 1 año y 4 meses, mientras que el beneficio anual generado por la instalación a partir de dicho año irá aumentando desde 114.112 € el segundo año hasta llegar a un valor de 593.592 € durante el último año de estudio (décimo año). Este beneficio dependerá principalmente del incremento del número de vehículos a GPL. Dadas las ayudas que se esperan recibir para transformar antiguos vehículos y para la compra de otros nuevos con el equipo GPL ya instalado, lo más probable es que el número de vehículos sea mayor que el estimado en este estudio, por lo que si fuera así el beneficio sería aún mayor.

Además, debe añadirse que estaciones de servicio similares a la de objeto de este estudio están funcionando actualmente en otros países (Francia, Italia, Inglaterra, etc.) generando grandes beneficios, lo que demuestra además de la efectividad técnica, la viabilidad económica del presente Proyecto.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 9: Bibliografía.

1. Libros consultados

- [1] Megyesy Eugene, F., 2001. *Manual de Recipientes a Presión: diseño y cálculo*. 7ª ed. México, D.F.: Editorial Limusa.
- [2] Ruiz Rubio, C., 1976. *Proyecto y construcción de recipientes a presión*. 1ª ed. Bilbao: Ediciones URMO.
- [3] ASME ,Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1. Rules for construction of Pressure Vessels (2004).
- [4] Parisher, R. A. y Rhea R. A., 2000. *Pipe drafting and design*. 2ª ed. United States of America: Gulf Professional Publishing.
- [5] Amico, A. y Bellomia, G., 2005. *Impianti distributori di carburanti per l'autotrazione: combustibili liquidi e gassosi (metano e GPL)*. 1ª ed. Palermo: Flaccovio.
- [6] William, D. y Callister, Jr., 1996. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 3ª ed. Barcelona: Editorial Reverté.
- [7] Levenspiel, O., 1993. *Flujo de fluidos e intercambio de calor*. Editorial Reverté.
- [8] Perry, R.H., Green, R.W., y Maloney, O.J., 2001. *Manual del Ingeniero Químico*. 4ª Edición. Madrid: Ed. McGraw-Hill.

2. Artículos

- [9] Fernández Cañas, F., 1998. *Estimación rápida del precio de un depósito de almacenamiento*. [Internet]. 352 dic. 1998, p.92-93. Disponible en: <http://www.alcion.es/download/ArticulosPDF/ig/gratis/06articulo.pdf>. [Consultado el 24 Marzo 2010]
- [10] Stawczyk, J., 2002. Experimental evaluation of LPG tank explosion hazards. *Journal of Hazardous Materials*, B96 (2003) ,189–200.
- [11] Davies, G.F. y Nolan, P.F., 2008. Characterization of two industrial deluge systems designed for the protection of large horizontal, cylindrical LPG vessels. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 17 (2004), 141–150.

[12] Landucci, G, Molag, M., Reinders, J., y Cozzani V. Experimental and analytical investigation of thermal coating effectiveness for 3m³ LPG tanks engulfed by fire. *Journal of Hazardous Materials*, 16 (2008),28-39.

[13] Clay, G.A., Itzpatrick R.D., Hurst, N.W., Carter D.A. and P.J. Crossthwaite, P.J. Risk assessment for installations where liquefied petroleum gas (lpg) is stored in bulk vessels above ground. *Journal of Hazardous Materials*, 20 (1988), 357-374.

3. Páginas web

www.repsol.com

www.bp.com

www.cepsa.com

www.shell.com

www.aegpl.com

www.spainautogas.com

www.worldpgas.com

www.proyectosfindecarrera.com

www.corken.com

www.cotrako.com

www.coprimgas.it

www.sgiq.com

www.bernardininet.com

www.tartariniauto.it

www.lovatogas.com

www.tecno-gas.it

www.insht.es

www.impianti-gpl-metano.it

4. Herramientas informáticas.

Microsoft Word 2007.

Microsoft Excel 2007.

AutoCad 2008.

Documento I: Memoria Descriptiva.

Capítulo 10: Anexos.

Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz.

10.1. CÁLCULOS

■ ANEXO 1: Diseño del depósito

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se describirá y desarrollará detalladamente el diseño del depósito objeto de estudio.

En primer lugar se enunciará el método de diseño escogido y se elegirá el código que se usará como base para el diseño del depósito.

En segundo lugar se realizará el diseño. Se enunciarán las condiciones de diseño, el material y la forma elegida. Seguidamente se diseñará el cuerpo del depósito y sus accesorios (boca de hombre, tubuladuras, silletas y orejetas). Se justificarán cada una de las elecciones hechas para los distintos parámetros de diseño, que serán abaladas con sus respectivos cálculos.

1.1. Método general de diseño

Un proyecto de diseño de recipientes a presión afecta tanto al usuario como al fabricante, realizándose de acuerdo con las siguientes pautas:

1. Establecimiento de las condiciones del proyecto (tamaño, temperatura, presión, códigos).
2. Selección de materiales.
3. Determinación de dimensiones principales (espesor, según formulas del código utilizado).
4. Una vez determinadas las dimensiones principales, se hará una comprobación de resistencia, proyectando así mismo detalles constructivos, tales como soportes, uniones de tuberías, etc.
El cálculo de la resistencia resaltará la posibilidad de fallo bajo condiciones extremas, caracterizando a éstas. Si dichas condiciones resultasen ser inadmisibles, se debería repetir el cálculo, haciendo las modificaciones pertinentes en el proyecto base. En caso contrario será preciso tener en cuenta las condiciones bajo las cuales puede producirse el fallo al estipular la forma de trabajo del aparato.
5. Finalmente se preparará la documentación necesaria para la construcción, ensayo y operación del aparato.

1.2. Código de diseño y Normativa

Para el diseño de depósitos a presión existen básicamente dos códigos: la Normativa Europea 97/23/CE (que remite a las *Normas UE UNE EN 13445* para los cálculos) y el Código ASME (es primero que surgió, de origen americano). Es importante decir que la Normativa Europea contempla como válidos los diseños realizados en base al Código ASME.

La principal diferencia entre ellos es que la Normativa Europea es más teórica, lo que hace que los cálculos a realizar sean más complejos y largos; mientras que el Código ASME es más empírico, lo que hace que se requiera un menor número de cálculos y que sean más simples. Además hay que recordar que el Código ASME es el primer manual que se creó para el diseño de recipientes a presión y de calderas (fue editado por primera vez en el 1914), mientras que la Normativa Europea se introdujo en el 2002. Por este motivo el uso del Código ASME está más desarrollado y extendido que el de la Normativa Europea.

Por estas razones se decide tomar el Código ASME (principalmente se hará uso de la Sección VIII División I) como base para los cálculos de diseño del depósito objeto de estudio. También se usará el *“Manual de Recipientes a Presión”* de *“Eugene F. Megyesy”*, dónde se recogen los aspectos más importantes del Código ASME para el diseño.

Habrán que tomar otras normativas en consideración, puesto que regirán algunos de los aspectos de diseño de este proyecto. Serán la *Norma UNE 60630: “Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor”* y de la *Norma UNE 60250: “Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GPL) de depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras”*.

1.3. Uso del Código ASME Sección VIII División 1 en España

En el año 1997 aparece en la Unión Europea la Directiva de Aparatos a Presión (Directiva 97/23/CE) que fue transpuesta en España por el Real Decreto 769/1999, que es de obligado cumplimiento desde el 29 de mayo de 2002. El código ASME Sección VIII División 1 es uno de los métodos de cálculo que el Ministerio de Ciencia y Tecnología acepta como válido para asegurar el cumplimiento de dicha normativa, siendo necesario incluir los cálculos justificativos necesarios dentro de la documentación exigida para la legalización de un aparato a presión.

2. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO

Las condiciones que se han establecido para el diseño del depósito son las siguientes:

2.1. Volumen del depósito

El volumen del depósito objeto de estudio es de 50 m³. Este valor se justifica principalmente por dos razones:

- ▶ En cuanto a la normativa: el volumen de depósitos para GPL está acotado, permitiéndose un volumen máximo de 60 m³ para estaciones de servicio según la Norma *UNE 60250*.
- ▶ Un cuanto a la economía: una vez que se realizada la inversión inicial en el diseño y fabricación del depósito y de las instalaciones necesarias para su uso, el gasto aumenta muy poco en función del volumen del depósito, por tanto conviene escoger un volumen de depósito grande. Por otro lado, a la hora del uso de la instalación (llenado periódico del depósito con cisternas) se reduce mucho el gasto en logística tomando un volumen grande, ya que se reposta más cantidad de combustible en un menor número de veces.

Vistas estas dos razones, se escoge un volumen de 50 m³, ya que es un volumen grande y es menor que el volumen máximo permitido por la *Norma UNE 60250*.

2.2. Temperatura de diseño

La temperatura de diseño del depósito se escoge en función de las temperaturas más extremas que tenga que soportar el mismo, por lo que dependerá del clima de la zona geográfica donde se instale (Provincia de Cádiz) y de la profundidad a la que se instale (enterrado 3.000 m).

En el caso objeto de estudio el depósito se instalará en una estación de servicio ubicada en una zona cualquiera de la provincia de Cádiz, donde las temperaturas oscilan entre los 5 y los 40°C (temperaturas mínimas y máximas registradas en el 2008). El depósito estará enterrado a 3.000 mm y cubierto por arena de río lavada hasta 300 mm por encima de su generatriz superior. Esto hace que las temperaturas a las que esté sometido no sean tan extremas como las exteriores. Se tomarán como temperaturas de diseño 0 y

45 °C, valores un poco más extremos que las registradas en el exterior, pues que el depósito debe diseñarse para que soporte las situaciones más extremas que puedan darse.

2.3.Presión de diseño

La presión de diseño viene dada por el apartado 6 de la *Norma UNE 60250*, donde se establece que para depósitos enterrados y con capacidad superior a 7 m³ la presión de diseño será de 17 bar.

3. MATERIAL

En el diseño de depósitos a presión el material más usado ha sido el SA 285 C, debido a su bajo coste y sus características mecánicas. En cambio en los últimos años en el sector de la petroquímica la tendencia es usar el SA 515 70, que aunque sea más caro, ofrece una mayor resistencia, lo que justifica su mayor coste (pueden verse las propiedades mecánicas del SA 515 70 en el anexo 7).

Para la elección definitiva de este material se ha tomado como referencia la tabla del anexo 7, donde se muestran los materiales recomendados para distintas aplicaciones. El SA 285 C está recomendado para calderas en servicios estacionarios y otros recipientes a presión. Mientras que el SA 515 70 se recomienda para servicios a temperatura media-alta, lo que indica que la resistencia mecánica (que es el factor decisivo, debido a la presión a la que está sometido el recipiente) es mucho más alta que la del SA 285 C.

Además es el recomendado para la construcción de los accesorios del depósito (silletas, tubuladuras, orejetas, etc.) lo que hará que después no se produzcan problemas de compatibilidad de materiales a la hora de soldar (puesto que son del mismo material).

Por estas razones se escoge definitivamente como material de construcción del depósito el SA 515 70.

Puede verse la justificación completa de la elección del material del depósito en el apartado 1 “Materiales” del capítulo 3 “Descripción específica”.

4. FORMA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Una vez definidas las condiciones de diseño (V, P y T), se irán definiendo más aspectos con respecto a su forma y sus características.

4.1. Forma

Teniendo en cuenta que el depósito está sometido a presión interna, se puede elegir entre un depósito cilíndrico o esférico (mucho más costoso, específico para casos donde haya que soportar grandes presiones internas).

Visto que la presión de diseño no es demasiado alta, no será necesario que el depósito sea esférico, por tanto se elegirá un depósito cilíndrico, ya que es mucho más económico.

4.2. Posición

Los depósitos cilíndricos pueden instalarse vertical u horizontalmente. Visto que el depósito es enterrado, solo queda la opción de instalarlo horizontalmente, la opción vertical queda totalmente descartada. Esto se debe a que en el caso de instalarlo verticalmente se daría un mal repartimiento de las cargas, se tendría difícil acceso a las distintas partes del recipiente para las futuras inspecciones y reparaciones; además el gasto de la obra civil para su enterramiento sería altísimo.

4.3. Fondos

Los fondos más comunes para recipientes cilíndricos son: fondos planos, semiesféricos, semielípticos, toriesféricos, cónicos y abombados. Cada uno de ellos se usa para aplicaciones y condiciones de trabajo distintas.

Para el diseño del depósito se elegirá un fondo tipo toriesférico, debido a las condiciones de operación a las que estará sometido el depósito.

Son las de mayor aceptación en la industria debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas. Su característica principal es que el radio del abombado (R) es aproximadamente igual al diámetro (D_e). Además tienen la ventaja de que se pueden fabricar en diámetros de 0,3 hasta 6 metros.

Puede verse en la siguiente figura una representación de un fondo toriesférico dónde se identifican sus dimensiones características.

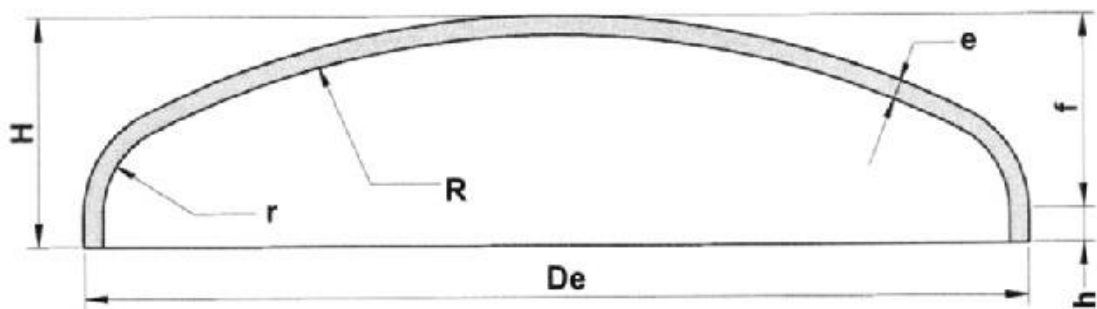


Figura 1.1: Fondo toriesférico.

4.4. Accesorios

El depósito constará de los siguientes accesorios:

- Silletas: Necesarias para su soporte en horizontal.
- Orejetas: Necesarias para su izaje; para poder transportarlo, moverlo y colocarlo en la cubeta en la que se instalará finalmente.
- Tubuladuras: Necesarias para la salida y entrada del fluido al depósito (por medio de tuberías) y para la conexión de los instrumentos de medida (manómetro, termómetro, medidor de nivel, etc.) y diversos accesorios necesarios para llevar a cabo el seguimiento y el correcto funcionamiento de la instalación.
- Boca de hombre: Necesaria para la inspección y reparación en caso de fallo del depósito.

5. CORROSIÓN

5.1. Normativa de corrosión

Un recipiente a presión por estar sometido a corrosión debe estar provisto de:

- ▶ Abertura de inspección (Norma UG-46).
- ▶ Abertura de purga (Norma UG-25f).

El depósito objeto de estudio estará provisto de boca de hombre (tubuladura M), de una purga superior (tubuladura G) y de una purga inferior (tubuladura L). Tanto la boca de hombre como la purga inferior permanecerán cerradas mediante una brida ciega. Se describirán éstas junto con el resto de tubuladuras en el apartado 7.2.

5.2. Margen de corrosión

A la hora de diseñar un recipiente a presión hay que tener en cuenta el efecto de la corrosión. Para ello hay que darle un espesor adicional que aumente el espesor del material respecto al determinado mediante las fórmulas de diseño, logrando de este modo el tiempo de vida deseado para el recipiente. Este espesor adicional es lo que se llama “margen de corrosión”. Para mayor información acerca del margen de corrosión ver el apartado 3 “Protección contra la corrosión” del capítulo 3 “Descripción específica”.

El margen de corrosión se elige generalmente en función del ambiente en el cual se encuentra el recipiente, del fluido que contiene y del tiempo de vida estimado para el recipiente. Aunque existen casos donde se requiere un valor mínimo para el margen de corrosión.

Para la elección del valor del margen de corrosión de depósito objeto de estudio se tiene en cuenta lo siguiente:

Por un lado tenemos que el depósito está diseñado para una larga vida de servicio, que el ambiente exterior es corrosivo (ya que en la provincia de Cádiz es costera) y que el fluido que contiene es principalmente propano. Estas tres razones sugieren tomar un valor para el margen de corrosión alto.

Por otro lado, al depósito objeto de estudio se le dará un acabado y se le aplicarán dos capas de pintura protectora específica contra la corrosión, esto hace que el margen de corrosión que se tome no tenga que ser tan alto.

Se tomará finalmente un valor de 1/8 de pulgada, ya que es el valor estándar para el 99 por ciento de los casos. Se usará el mismo valor para todo el depósito.

En el presente caso, para luchar contra la corrosión, además de utilizar materiales resistentes para la fabricación del recipiente (SA 515 70) y de darle su margen de corrosión correspondiente (1/8”), se le dará como se ha dicho anteriormente un acabado exterior al material y se le aplicarán pinturas específicas para protegerlo contra la corrosión. Asimismo se dotará al depósito de un sistema de protección catódica. Se especificará tanto el acabado del depósito como el sistema de protección catódica en el apartado 3 “Protección contra la corrosión” del capítulo 3 “Descripción específica”.

Se recuerda que una mala elección de material, del margen de corrosión, de la pintura protectora o del sistema de protección catódica, puede causar el deterioro del material de depósito, lo que ocasionaría serios problemas. Pueden verse estos de forma detallada en el apartado 1 “Materiales” del capítulo 3 “Descripción específica”.

Además, como se dijo anteriormente se proveerá al depósito de las aberturas de inspección y de purga como indica la normativa de corrosión.

6. DISEÑO DEL CUERPO DEL DEPÓSITO

6.1. Cálculo del tamaño óptimo del recipiente

Para construir un recipiente de cierta capacidad con el mínimo material, debe determinarse la relación óptima entre la longitud y el diámetro. Esta relación se calcula con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{P}{C \cdot S \cdot E} \quad (1.1)$$

Donde: P = Presión de diseño (lb/in²)
 C = Margen por corrosión (in)
 S = Valor de esfuerzo del material (lb/in²)
 E = Eficiencia de la junta.

Los valores que tomarán las incógnitas son los siguientes:

- ▶ $P = 17 \text{ bar} = 246,5 \text{ lb/in}^2$, viene dada por la *Norma UNE 60250* como se indica en el apartado 2.3. de este documento,
- ▶ $C = 1/8$, justificado en el apartado 5.3 de este documento,
- ▶ $S = 17.500 \text{ lb/in}^2$ ver tabla 7.1 del anexo 7,
- ▶ $E = 1$, para la virola, ya que la soldadura se radiografiará totalmente, ver tabla 8.1 del anexo 8.

Con estos valores se calcula el valor de F, que resulta:

$$F = \frac{246,5}{\frac{1}{8} \cdot 17.500 \cdot 1} = 0.113$$

En la figura 7.1 del anexo 7 se entra con el volumen del recipiente:

$$V = 50 \text{ m}^3 = 1.765,73 \text{ ft}^3$$

Se recorre el horizontalmente la gráfica hasta la línea que representa el valor de F calculado. A partir de la intersección, se avanza verticalmente hacia abajo y se lee el valor de D.

$$D = 6,6 \text{ ft} = 2.113,6 \text{ mm}$$

Una vez obtenido el valor de D , se mira en la tabla 7.4 del anexo 7, donde se encuentran los valores tabulados para las cabezas (hay que tomar un valor del diámetro de la virola normalizado e igual al de las cabezas, para que después coincida con éstas) y se obtienen las siguientes posibilidades:

$$D_1 = 84 \text{ pulg} = 2.133,6 \text{ mm}$$

$$D_2 = 90 \text{ pulg} = 2.286,0 \text{ mm}$$

$$D_3 = 96 \text{ pulg} = 2.438,4 \text{ mm}$$

Se analizan cada uno de los valores obtenidos:

- ▶ D_1 se descarta ya que es muy pequeño y se obtendría un depósito demasiado largo, lo que daría posteriormente problemas de flexión con las silletas, además de un mayor coste en revestimiento y en obra civil.
- ▶ Tanto D_2 como D_3 son válidos, se harán los cálculos para ambos dos y posteriormente, en base a los resultados se decidirá cual tomar.

6.2. Cálculo de las dimensiones y el espesor del depósito

En primer lugar se define la nomenclatura que se utilizará en los cálculos:

V_T = Volumen total del depósito (m^3),

V_V = Volumen de la virola (m^3),

V_f = Volumen de un fondo (m^3),

L_T = Longitud total del depósito (mm),

L_V = Longitud de la virola (mm),

L_f = Longitud de un fondo (mm),

$t_{\min.}$ = Espesor mínimo determinado mediante cálculo (mm),

t_{MC} = Espesor mínimo ($t_{\min.}$) más el margen de corrosión (mm),

t_V = Espesor de pared de la virola tabulado (mm).

6.2.1 Cálculos para D_2

Se calculan de las dimensiones principales del depósito y el espesor:

$$D_2 = 90 \text{ in} = 2.286,8 \text{ mm}$$

Se calcula el volumen de fondos, tomando el valor de la tabla 7.4 del anexo 7, obteniéndose:

$$V_f = 35,56 \text{ ft}^3 = 1,007 \text{ m}^3$$

Sabiendo que el volumen total del depósito es:

$$V_T = V_v + 2V_f$$

Se calcula el volumen de la virola:

$$V_v = V_T - 2V_f = 50 - 2 \cdot 1,007 = 47,99 \text{ m}^3$$

Conociendo la ecuación para el volumen de un cilindro, se calcula la longitud de la virola:

$$V_{cilindro} = V_v = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \rightarrow L_v = \frac{4 \cdot V_v}{\pi \cdot D_i^2} = \frac{4 \cdot 47,99}{\pi \cdot 2,286^2} = 11,69 \text{ m}$$

Se calcula longitud de los fondos mediante la siguiente ecuación:

$$L_f = 0,2D_i = 0,2 \cdot 2,286 = 0,4572 \text{ m}$$

Mediante suma, se obtiene la longitud total:

$$L_T = L_v + 2L_f = 11,69 + 2 \cdot 0,4572 = 12,60 \text{ m}$$

Seguidamente se calcula el espesor de la virola:

Para ello se calcula en primer lugar el espesor mínimo de pared para las condiciones de operación con la siguiente ecuación:

$$t_{\min} = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} \quad (1.2)$$

Siendo:

P = Presión de diseño (lb/in²),

R = Radio interno del depósito (in),

S = Valor de esfuerzo del material (lb/in²),

E = Eficiencia de la junta.

Los valores que tomarán las incógnitas son los siguientes:

- ▶ $P = 17 \text{ bar} = 246,5 \text{ lb/in}^2$, viene dada por la *Norma UNE 60250* como se indica en el apartado 2.3. de este documento,
- ▶ $R = 45"$, la mitad del valor del diámetro,
- ▶ $S = 17.500 \text{ lb/in}^2$ ver tabla 7.1 del anexo 7,
- ▶ $E = 1$, para la virola, ya que la soldadura se radiografiará totalmente, ver tabla 8.1 del anexo 8.

Se sustituyen los valores en la ecuación 2, obteniéndose:

$$t_{\min.} = \frac{246,5 \cdot 45}{17.500 \cdot 1 - 0,6 \cdot 246,5} = 0,639"$$

Al espesor de pared se le suma el margen de corrosión:

$$t_{MC} = t_{\min} + MC = 0,639 + 1/8 = 0,764"$$

Se miran los valores tabulados de espesores para chapa y se escoge el siguiente valor al obtenido en el cálculo anterior.

$$t_{V1} = 3/4" = 0,750"$$

$$t_{V2} = 13/16" = 0,813" \longrightarrow t_V = t_{V2} = 13/16" = 0,813" = 20,64 \text{ mm}$$

$$t_{V3} = 7/8" = 0,875"$$

Se muestran recopiladas en la siguiente tabla todas las dimensiones calculadas para el depósito con diámetro D_2 :

Tabla 1.1:
Dimensiones para $D_2 = 90"$ = 2.286 mm.

DIMENSIONES		
$L_T = 12.600 \text{ mm}$	$V_T = 50 \text{ m}^3$	$t_{\min} = 0,639"$
$L_V = 11.690 \text{ mm}$	$V_V = 47,99 \text{ m}^3$	$t_{M.C.} = 0,807"$
$L_F = 457,2 \text{ mm}$	$V_F = 1,007 \text{ m}^3$	$t_V = 13/16" = 20,64 \text{ mm}$

6.2.2. Cálculos para D₃

Mediante el mismo procedimiento y con la misma nomenclatura usada para el cálculo de las dimensiones del depósito con D₂, se calculan las dimensiones para D₃:

$$D_3 = 96" = 2.438,4 \text{ mm}$$

Se calcula el volumen de fondos, tomando el valor de la tabla 7.4 del anexo 7.

$$V_f = 42,51 \text{ ft}^3 = 1,204 \text{ m}^3$$

Se calcula el volumen de la virola:

$$V_T = V_v + 2V_f \rightarrow V_v = V_T - 2V_f = 50 - 2 \cdot 1,204 = 47,59 \text{ m}^3$$

Conociendo la ecuación para el volumen de un cilindro, se calcula la longitud de la virola:

$$V_{cilindro} = V_v = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} \rightarrow L_v = \frac{4 \cdot V_v}{\pi \cdot D_i^2} = \frac{4 \cdot 47,99}{\pi \cdot 2,4384^2} = 10,19 \text{ m}$$

Se calcula la longitud de los fondos mediante la siguiente ecuación:

$$L_f = 0,2D_i = 0,2 \cdot 2,4384 = 0,4877 \text{ m}$$

Mediante suma, se obtiene la longitud total:

$$L_T = L_v + 2L_f = 10,19 + 2 \cdot 0,4877 = 11,165 \text{ m}$$

Se calcula a continuación el espesor de la virola:

Primero se calcula el espesor mínimo de pared para las condiciones de operación:

$$t_{\min} = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} = \frac{246,5 \cdot 48}{17.500 \cdot 1 - 0,6 \cdot 246,5} = 0,682"$$

Al espesor de pared se le suma el margen de corrosión:

$$t_{MC} = t_{\min} + MC = 0,682 + 1/8 = 0,807"$$

Se miran los valores tabulados de espesores para chapa y se escoge el siguiente valor al obtenido en el cálculo anterior.

$$t_{v1} = 3/4" = 0,750"$$

$$t_{v2} = 13/16" = 0,813" \longrightarrow t_v = t_{v2} = 13/16" = 0,813" = 20,64 \text{ mm}$$

$$t_{v3} = 7/8" = 0,875"$$

Se muestran recopiladas todas las dimensiones calculadas para D_3 :

Tabla 1.2:
Dimensiones para $D_3 = 96" = 2.438 \text{ mm}$.

DIMENSIONES		
$L_T = 11.165 \text{ mm}$	$V_T = 50 \text{ m}^3$	$t_{\min} = 0.682"$
$L_V = 10.190 \text{ mm}$	$V_V = 47,59 \text{ m}^3$	$t_{M.C.} = 0.807"$
$L_F = 4877,7 \text{ mm}$	$V_F = 1,204 \text{ m}^3$	$t_v = 13/16" = 20.64 \text{ mm}$

6.2.3. Elección del diámetro

Visto los resultados, se analizan todos los aspectos que influirán para elegir el valor definitivo del diámetro del depósito.

- ▶ En cuanto al espesor de la pared de la virola tomado, es el mismo para los dos, 13/16 de pulgada, mientras que el mínimo requerido es menor para el de 90 pulgadas. Pasará lo mismo cuando se calcule el espesor de las cabezas requiriéndose un espesor menor para el de 90 pulgadas, lo que hará que el coste del recipiente sea también menor. Por tanto conviene tomar como diámetro de 90 pulgadas.
- ▶ Cuando se ha calculado el tamaño óptimo del recipiente (en función gasto mínimo de material), el valor que se obtuvo era aún más pequeño de 90 pulgadas. Por tanto este punto también indica tomar el diámetro de 90 pulgadas.
- ▶ En cuanto a las dimensiones generales del depósito se tiene que tomando un diámetro de 90 pulgadas se obtiene un recipiente más alargado (1,44 metros más largo), mientras que tomando el de 96 pulgadas se obtiene un depósito más corto y ancho. Ambos dos no tendrán problemas de flexión o pandeo. Por tanto no influirá.

- Se sabe que para este tipo de aplicaciones se recomienda un L/D mayor o igual que 5, se calcula:

$$\text{Para } D = 90'' \rightarrow \frac{L}{D} = \frac{12,60}{2,286} = 5,51$$

$$\text{Mientras que para } D = 96'' \rightarrow \frac{L}{D} = \frac{11,16}{2,438} = 4,58$$

Vistos los valores obtenidos será más conveniente tomar el de 90 pulgadas.

- El gasto en obra civil varía muy poco en función de la longitud o la anchura del depósito; en cambio, aumenta exponencialmente con la profundidad. Como en este caso la profundidad de la excavación será la misma se elija el diámetro que elija (puesto que la diferencia entre un diámetro y otro es prácticamente inapreciable, de 0,1524 metros), este punto no influirá en la decisión final.

Vistos todos los puntos anteriores se decide finalmente tomar el diámetro de 90 pulgadas, ya que se tiene un espesor menor en cabezas (reduciendo gastos en material), que sus dimensiones son más cercanas a las aconsejadas: $L/D > 5$ y su diámetro más próximo al óptimo del recipiente. Por tanto, se tiene que las dimensiones finales del depósito serán las recopiladas en la tabla 1.1.

6.3. Comprobación de la presión

Se comprueba la validez del espesor tomado calculando la presión máxima que soporta el depósito con la siguiente ecuación:

$$P_{m\acute{a}x.} = \frac{S \cdot E \cdot t_c}{R + 0,6 \cdot t_c} \quad (1.3)$$

Siendo:

$P_{m\acute{a}x.}$ = Presión máxima que soporta el depósito en estado corroído (lb/in²),

S = Valor de esfuerzo del material (lb/in²), ver tabla 7.1 del anexo 7,

E = Eficiencia de la junta,

t_c = Espesor de la virola en estado corroído (in),

R = Radio interior del depósito (in).

Las incógnitas toman los siguientes valores:

$$S = 17.500 \text{ lb/in}^2 \text{ para el SA 515 70,}$$

$$E = 1 \text{ para la virola,}$$

$$t_c = t_{MC} - MC = 13/16 - 1/8 = 0,6875"$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{90}{2} = 45"$$

Sustituyendo en la ecuación 1.3 se tiene que la presión máxima que será capaz de soportar el depósito con el espesor dado será:

$$P_{\max.} = \frac{S \cdot E \cdot t_c}{R + 0,6 t_c} = \frac{17.500 \cdot 1 \cdot 0,6875}{45 + 0,6 \cdot 0,6875} = 264,93 \text{ lb/in}^2$$

$$P_{\max.} = 264,93 \text{ lb/in}^2 \geq P_{\text{diseño}} = 246,5 \text{ lb/in}^2$$

Como el valor obtenido es mayor que la presión de diseño, el espesor tomado es válido.

6.4. Comprobación de esfuerzos

En todo diseño se debe comprobar que para el espesor tomado los esfuerzos que soporta el depósito son menores que los permitidos por el material. A continuación se muestran los esfuerzos que se producen en cascos cilíndricos sometidos a presión interna.

La presión uniforme induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario (S_{T1}) igual al doble del que se da en la costura circunferencial (S_{T2}), debido a la propia geometría del cilindro. Estos valores de esfuerzo se calculan mediante las siguientes fórmulas:

Esfuerzo en la junta circunferencial (perpendicular al eje del cilindro):

$$S_{T1} = \frac{P \cdot D_m}{4 t_c} \quad (1.4)$$

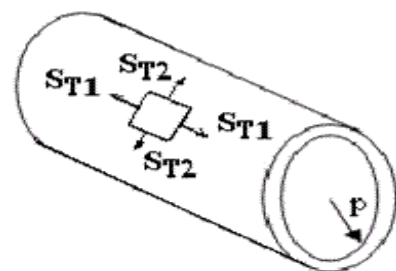


Figura 1.2: Esfuerzos S_{T1} y S_{T2} en elemento diferencial de un cilindro sometido a una presión interna P.

Esfuerzo en la junta longitudinal (paralelo al eje del cilindro):

$$S_{T2} = \frac{P \cdot D_m}{2t_c} \quad (1.5)$$

Siendo: D_m = Diámetro medio del recipiente (in),
 P = Presión interna (lb/in²),
 t_c = Espesor del caso, sin margen de corrosión (in),
 S_{T1} = Esfuerzo longitudinal (lb/in²),
 S_{T2} = Esfuerzo circunferencial (lb/in²).

En primer lugar se le dan valores las incógnitas:

$$t_c = 0,6875 \text{ in}$$

$$P = 246,5 \text{ lb/in}^2$$

$$D_e = D_i + 2t_v = 90 + 2 \cdot 0,3125 = 91,625''$$

$$D_m = \frac{D_i + D_e}{2} = \frac{90 + 91,625}{2} = 90,8125''$$

Se calcula el esfuerzo en la junta circunferencial:

$$S_{T1} = \frac{P \cdot D_m}{4t_c} = \frac{246,5 \cdot 90,8125}{4 \cdot 0,6875} = 8.095,28 \text{ lb/in}^2$$

Seguidamente se calcula el esfuerzo en la junta longitudinal:

$$S_{T2} = \frac{P \cdot D_m}{2t_c} = \frac{246,5 \cdot 91,625}{2 \cdot 0,6875} = 4.407,64 \text{ lb/in}^2$$

Al ser tanto S_{T1} como S_{T2} menores que el valor del límite elástico del material del recipiente (17.500 lb/in²), queda comprobada la validez del espesor tomado, es decir, el depósito será capaz de soportar los esfuerzos a los que estará sometido.

6.5. Espesor de fondos

Como se dijo en el apartado 4.3 de éste capítulo el tipo de fondo escogido es toriesférico, debido a su bajo coste y a que tiene la configuración

adecuada para soportar grandes presiones. Su principal característica es que el radio de abombado es aproximadamente igual al diámetro además se pueden fabricar en diámetros desde 0,3 hasta 6 metros.

Para conocer las dimensiones que caracterizan los fondos del depósito existen tablas que dan el valor de éstas conociendo el espesor de la pared del fondo y el diámetro de la virola. Pueden verse una de estas tablas en el anexo 7.

Como no se conoce el valor del espesor de la cabeza, se supone en primer lugar que es igual al espesor de la virola y se hacen los cálculos correspondientes para comprobar si este valor es el adecuado. Si no es así, se toma el siguiente valor tabulado y se comprueba; así sucesivamente hasta que con las dimensiones del fondo se obtengan unos valores aptos en la comprobación.

Se tiene así que para un valor de $D = 90''$ y un espesor de $7/8''$ (como no existen valores tabulados para un espesor de fondos de $13/16$ pulgadas se toma el siguiente mayor), las dimensiones del fondo serán:

■ **Para $D = 90''$ y $t_f = 7/8''$:**

De la tabla 7.4 del anexo 7 tomo las dimensiones de una cabeza con un espesor de $7/8$ de pulgada, que son las siguientes:

$L(R) = 84''$; siendo $L(R)$ el radio interior del alabeamiento de la cabeza,
 $r = 5,500''$; siendo r el radio interior de la corona de la cabeza,
 $h = 15,625''$; profundidad interior del alabeamiento,
 $M = 1,72$; Factor que se utiliza en las fórmulas para presión interna.

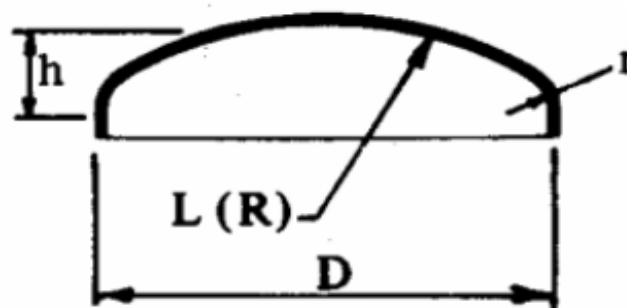


Figura 1.3: Parámetros de las cabezas toriesféricas.

Se comprueba el espesor requerido según la siguiente fórmula, ya que $L/r = 15.27 < 16 \frac{2}{3}$ " (ver figura 7.3 del anexo 7).

$$t_f = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} \quad (1.6)$$

Siendo: t_f = Espesor de la pared del fondo (in),
 P = Presión de diseño (lb/in²),
 L = Radio interior del casquete (in),
 S = Esfuerzo del material (lb/in²),
 E = Eficiencia de la junta,
 M = Factor de las fórmulas para presión interna.

Se les da valores a las incógnitas, obteniéndose:

$$P = 246,5 \text{ lb/in}^2$$

$$L = 84"$$

$$S = 17.500 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 1$$

$$M = 1,72$$

Sustituyendo en la ecuación 1.6 se obtiene:

$$t_f = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} = \frac{246,5 \cdot 84 \cdot 1,72}{2 \cdot 17.500 \cdot 1 - 0,2 \cdot 246,5} = 1,019"$$

A este valor habrá que sumarle el margen de corrosión que es 1/8 de pulgada, por lo que se obtiene:

$$t_{fMC.} = t_{f \text{ min.}} + MC = 1,019 + 1/8 = 1,144"$$

Como puede verse este espesor es mayor que el supuesto, por tanto se opera del mismo modo que se ha hecho anteriormente pero partiendo del siguiente valor tabulado mayor que 1,144, que es 1¼ de pulgada.

■ **Para D = 90" y $t_f = 1 \frac{1}{4}"$:**

Los valores que toman las incógnitas son los siguientes:

$$L(R) = 84";$$

$$r = 5,500";$$

$$h = 15,500";$$

$$M = 1,72;$$

Obteniéndose:

$$t_f = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} = \frac{246,5 \cdot 84 \cdot 1,72}{2 \cdot 17.500 \cdot 1 - 0,2 \cdot 246,5} = 1,019"$$

Con el margen de corrosión resulta un valor de:

$$t_{fMC.} = t_{f \min.} + MC = 1,019 + 1/8 = 1,144"$$

Se obtiene el mismo valor que antes, por tanto se da como válido un espesor de cabezas de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada.

$$t_f = 1 \frac{1}{4}"$$

Ahora se comprueba que las cabezas de espesor escogido ($1 \frac{1}{4}"$) son capaces de soportar la presión de diseño, para ello se calcula la máxima presión que son capaces de soportar con la ecuación 1.7 y luego se comparará con la presión de diseño.

Se calcula la máxima presión que son capaces de soportar los fondos con la siguiente ecuación:

$$P_{\text{máx. fondos}} = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t_f}{L \cdot M + 0,2 \cdot t_f} \quad (1.7)$$

Siendo: t_f = Espesor de la pared del fondo (in),

L = Radio interior del casquete (in),

S = Esfuerzo del material (lb/in²),

E = Eficiencia de la junta,

M = Factor de las fórmulas para presión interna.

Se les da valores a las incógnitas, obteniéndose:

$$L = 84''$$

$$S = 17.500 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 1$$

$$M = 1,72$$

$$t_f = 1\frac{1}{4}''$$

Se sustituyen los valores, obteniéndose:

$$P_{\text{máx.fondos}} = \frac{2 \cdot 17.500 \cdot 1 \cdot 1\frac{1}{4}}{84 \cdot 1,72 + 0,2 \cdot 1\frac{1}{4}} = 302,29 \text{ lb/in}^2$$

Sabiendo que el valor de la presión de diseño es $P = 246,5 \text{ lb/in}^2$ se comparan ambos valores.

Dado que $P_{\text{máx.fondos}} > P_{\text{diseño}}$ para el espesor de fondos dado ($1\frac{1}{4}''$) las cabezas serán capaces de soportar la presión de diseño.

6.6. Presión de prueba hidrostática

La presión hidrostática es la presión ejercida por los vapores cuando el depósito está lleno al máximo. En el caso objeto de estudio el máximo nivel de llenado viene indicado por la *Norma UNE 60250* y corresponde al 85 % del volumen total del depósito. Se tomará agua como líquido de diseño ya que el combustible que se va a usar tiene menor densidad.

La presión que ejerce el fluido se calcula según la expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (1.8)$$

Siendo: P = Presión hidrostática (Pa),
 ρ = Densidad del agua (kg/m^3),
 g = Gravedad (m/s),
 h = Altura del líquido (m).

Se conoce la densidad del agua que es 1.000 kg/m^3 y la gravedad que tiene un valor de $9,8 \text{ m/s}^2$.

La altura del líquido se determina de la siguiente forma:

Se calcula el porcentaje del volumen total que corresponde la virola:

$$V_v = 47,99m^3 \rightarrow \% = \frac{V_v}{V_T} = \frac{47,99}{50} = 95,98\% \cong 96\%$$

Con este dato se mira la gráfica de la figura 7.20 del anexo 7 y se determina H/D que proporciona un valor de 90,05. Con este valor y D se calcula el valor de H , la altura de líquido, obteniéndose:

$$H = 0,9005D = 0,9005 \cdot 90 = 81,045" = 20.194,31mm$$

Se sustituye en siguiente fórmula:

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 1.000 \cdot 9,82,059 = 20.194,31Pa = 422,06 \text{ lb/in}^3$$

Obteniéndose un valor de 422,06 lb/in³ que será la presión de prueba hidrostática.

7. DISEÑO DE ACCESORIOS

7.1. BOCA DE HOMBRE

El estudio de la boca de hombre se hará junto con el de las tubuladuras, dado que tiene características similares.

7.2. TUBULADURAS

Las tubuladuras que se van a colocar en el depósito son las siguientes (por orden de importancia):

- A. Llenado
- B. Retorno de la cisterna
- C. Bomba
- D. Bypass
- E. Retorno del surtidor
- F. Válvulas de seguridad
- G. Purga superior
- H. Alarma de máximo nivel de llenado
- I. Termómetro
- J. Manómetro
- K. Medidor de nivel
- L. Purga inferior (cerrada)
- M. Boca de hombre

7.2.1. Ubicación

Se han distribuido las tubuladuras en tres zonas distintas del depósito, cada una en un sitio determinado en función de su uso. Con ello se conseguirá tener fácil acceso a cada una de las tubuladuras (para ver elementos de medida, hacer revisiones, conexiones, etc.), que los elementos o accesorios de las tubuladuras vecinas no entorpezcan a la hora de trabajar con ellos (realizar conexiones, inspecciones, etc.), simplificar el tazado de las tuberías y reducir la longitud de las mismas.

Puede verse su ubicación en la figura 1.4, en la que se muestra la ubicación de cada una de las tubuladuras.

Las tres zonas del depósito dónde se colocarán las tubuladuras son:

■ Sobre la generatriz superior del depósito (de izquierda a derecha):

Se colocarán las tubuladuras correspondientes a: la purga superior (G), la alarma de máximo nivel de llenado (H), la boca de carga (A), la boca de hombre (M), el bypass (D), la bomba (C), el retorno del surtidor (E) y las válvulas de seguridad (F).

Se distribuirán las tubuladuras a lo largo de la generatriz superior del depósito en una misma línea, de modo que se reparta el peso de estas a lo largo de toda la virola. Se colocaran preferentemente en las zonas que corresponden con las silletas, para evitar colocarlas en los extremos o la zona central (eliminando así posibles problemas de flexión).

Ninguna de las tubuladuras coincidirá con las soldaduras de la virola y se dejará siempre una distancia mínima entre las soldaduras y la tubuladura.

Se distanciarán las tubuladuras entre ellas en función de la necesidad de espacio del elemento que se colocará sobre ella y tubería a la que se conecte, permitiendo así siempre un fácil acceso.

■ Sobre la boca de hombre:

Se colocarán la tubuladura correspondiente al retorno de la cisterna (B) y a los siguientes elementos de medida: el termómetro (I), el medidor de nivel magnético (J) y el manómetro (K).

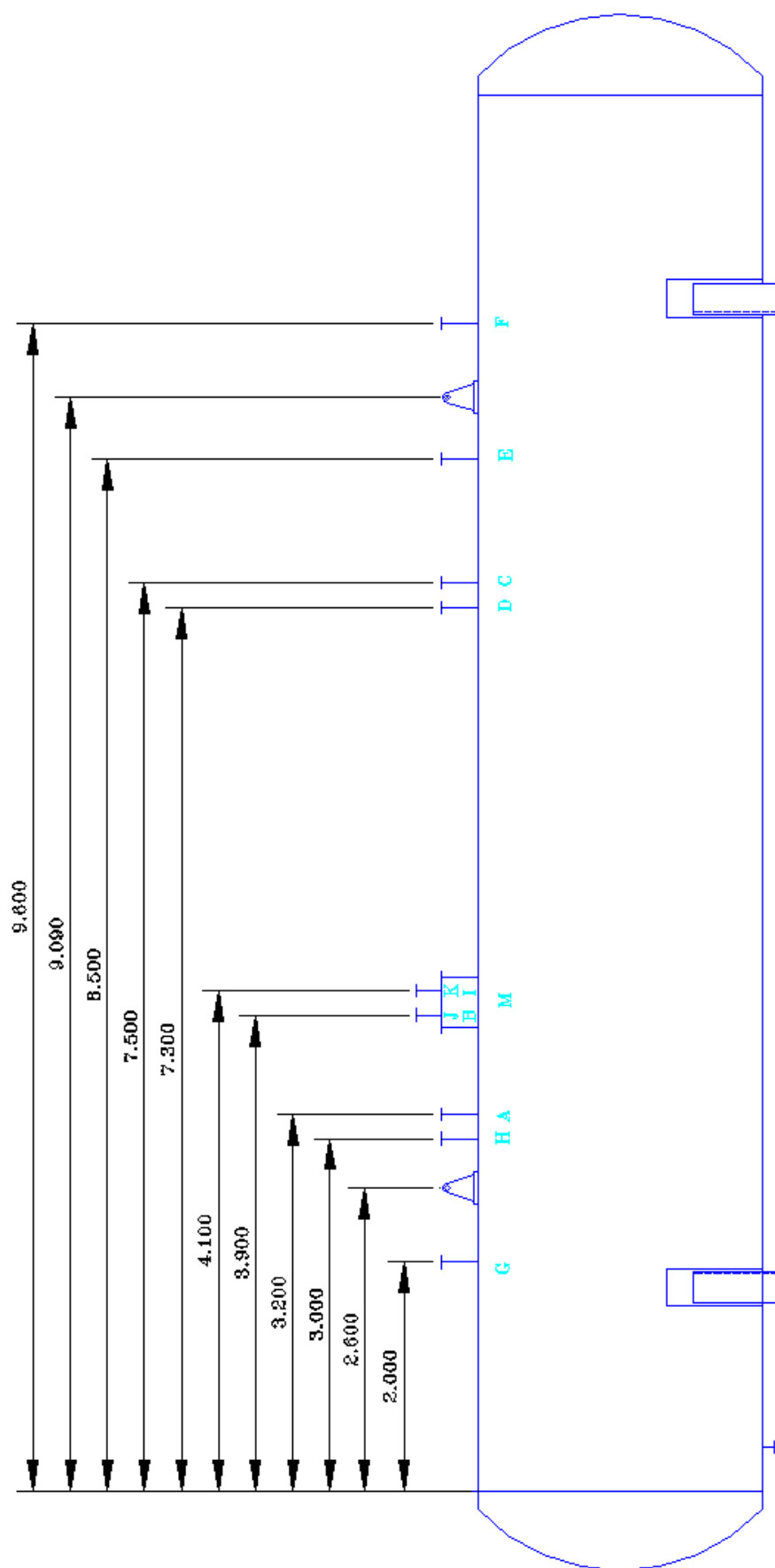
Los elementos de medida se colocan sobre la boca de hombre, para que estén cercanos a las tubuladuras de trasvase y sea más cómoda la toma de datos, ya sea a la hora de realizar el trasvase o de un simple control de las condiciones del depósito.

■ En la generatriz inferior:

Se colocara la tubuladura correspondiente a la purga inferior (L), que se situará en el extremo izquierdo (zona hacia la cual está inclinado el depósito) para poder realizar el vaciado completo del depósito en situaciones que lo requieran.

En la siguiente figura se muestra la ubicación exacta de cada una de las tubuladuras.

Figura 1.4: Identificación y ubicación de las tubuladuras en el depósito.



7.2.2. Descripción

Todas las tubuladuras están formadas por un cuello (tubo de longitud conocida) unido mediante soldadura a una brida soldable.

A continuación se describe cada una de ellas (de izquierda a derecha en el depósito), indicando: ubicación exacta, diámetro, espesor, longitud del saliente, tipo de tubería, de brida y función.

Purga superior (G)

Colocada en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 2.000 mm del extremo izquierdo de la virola. Se coloca en el extremo izquierdo del depósito ya que es la zona más profunda (se recuerda que el depósito se instala inclinado hacia la izquierda con un 0,5% de pendiente, para poder vaciarlo completamente en caso de que fuera necesario). Se instala en un extremo del depósito para que esté lo más alejada del resto de tubuladuras, evitando así que el gas entre en contacto durante la operación de purga con el resto de elementos, instrumentos de medida o tubuladuras; además de este modo se hará la línea de tubería lo más corta posible. Esta tubuladura estará dotada de tubo buzo para llegar al fondo del depósito.

La tubuladura está formada por un tubo un diámetro interno de 1-1/4" (equivalente a DN 32 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,191 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 1 1/4" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

La función de esta tubuladura es la de evacuar las partículas y elementos sedimentadas en el fondo del depósito cuando se realice la operación de drenado del mismo.

Alarma de máximo nivel de llenado (H)

Situada en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 3.000 mm del extremo izquierdo de la virola.

Tiene un diámetro interno de 2" (DN 50 mm) y un espesor de pared de tubo nominal de 0,218 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 2" ANSI 300# con 8 barrenos. Sus dimensiones y características están en las tablas 1.3 y 1.4.

La función de esta tubuladura es la de poder instalar en ella la alarma de máximo nivel de llenado.

■ **Llenado o boca de carga (A)**

Se coloca en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 3.200 mm del extremo izquierdo de la virola. Tiene un diámetro interno de 2" (DN 50 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,218 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 2" ANSI 300# con 8 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Esta tubuladura sirve como su propio nombre indica, para llenar el tanque de combustible mediante su conexión con la cisterna a través de la boca de carga.

■ **Boca de hombre (M)**

Se va a colocar una boca de hombre circular en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 4.000 mm del extremo izquierdo de la virola. En la tapa se situarán las tubuladuras correspondientes al retorno de la cisterna (B) y a los elementos de medida: el termómetro (I), el medidor de nivel magnético (J) y el manómetro (K).

Tiene un diámetro interno de 20 pulgadas (DN 500 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,375 pulgadas. Es de tipo ced.20.estandar y tendrá una altura de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 20" ANSI 300# con 24 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Esta tubuladura se cerrará mediante una brida ciega, que actuará además como base para la instalación de las cuatro tubuladuras nombradas anteriormente (tubuladuras B, I, J y K). Esta brida ciega será de 20" ANSI 300# y se unirá a la boca de la tubuladura mediante 24 pernos. Las características y dimensiones de la brida y de los pernos pueden verse en la tabla 1.5.

Se ha escogido el tipo de boca de hombre, las dimensiones y la ubicación teniendo en cuenta las indicaciones que se recogen en la figura 7.7 del anexo 7. En este anexo se indica que para depósitos de más de 36

pulgadas de diámetro se deben colocar o una boca de hombre de 15 pulgadas de diámetro interior como mínimo o dos boquillas de cómo mínimo 6 pulgadas de diámetro interior. En el presente caso se ha escogido una sola abertura, ya que se tiene un número elevado de tubuladuras.

En cuanto a la ubicación de la misma, se ha situado en un lugar central, dónde se tiene una buena visión de todo el interior del depósito.

La función de esta tubuladura es la de facilitar a los trabajadores las labores de inspección y reparación del depósito dando acceso al interior del mismo.

■ Retorno de la cisterna (B)

Se sitúa sobre la boca de hombre, en la zona anterior izquierda, a una distancia de 3.900 mm del extremo izquierdo de la virola y desplazada de la generatriz superior del tanque hacia delante 100 mm. Se coloca en la zona delantera de la boca de hombre para que no interfiera con otros elementos y para disminuir longitud de tubería.

Tiene un diámetro interno de 1-1/4" (DN 32 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,191 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá una altura de 200 mm (7,87"). A este tubo se soldará a una brida de 1-1/4" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Esta tubuladura se usará para el retorno de la fase gas al camión cisterna en la operación de trasvase.

■ Termómetro (I)

Esta tubuladura está colocada sobre la tapa de la boca de hombre, en la zona posterior izquierda, a una distancia de 3.900 mm del extremo izquierdo de la virola, y desplazada de la generatriz superior del tanque hacia detrás 100 mm. Se coloca cercana al centro del depósito para que se encuentre relativamente alejada de las tubuladuras que envían y hacen retornar el combustible al surtidor (C, D y E), para no sentir las perturbaciones cuando éste entre en funcionamiento. De este modo las medidas realizadas por el termómetro serán más reales.

Esta tubuladura tiene un diámetro interno de 1/2" (DN15 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,187 pulgadas. Es de tipo ced.160 y tendrá una altura de 200 mm (7,87"). A este tubo se soldará a una brida de 1/2" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Su función es la de sostener el termómetro, que indicará de la temperatura del depósito en todo momento.

■ **Manómetro (J)**

Colocada sobre la tapa de la boca de hombre, en la zona anterior derecha, a una distancia de 4.100 mm del extremo izquierdo de la virola, y desplazada de la generatriz superior del tanque hacia delante 100 mm.

Tiene un diámetro interior de 1/2" de pulgada (19,05 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,187 pulgadas. Es de tipo ced.160 y tendrá un saliente de 200 mm (7,87"). A este tubo se soldará a una brida de 1/2" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Su función es la de sostener el manómetro para conocer la presión en el interior del depósito en cada momento.

■ **Medidor de nivel magnético (K)**

Colocada sobre la tapa de la boca de hombre, en la zona posterior derecha, a una distancia de 4.100 mm del extremo izquierdo de la virola y desplazada de la generatriz superior del tanque hacia detrás 100 mm. Se coloca cercana al centro del depósito para que los valores proporcionados por los instrumentos de medida sean más reales, y además esté relativamente alejada de las tubuladuras que envían y hacen retornar el combustible al surtidor (C, D y E), para no sentir las perturbaciones cuando entre en funcionamiento éste.

Tiene un diámetro interno de 2" (DN 50 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,218 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente de 200 mm (7,87"). A este tubo se soldará a una brida de 2" ANSI 300# con 8 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Su función es la de sostener el medidor de nivel porcentual, que indicará el porcentaje de llenado del depósito en cada instante.

■ **Bypass (D)**

Se sitúa en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 7.300 mm del extremo izquierdo de la virola.

Tiene un diámetro interno de 3/4" (DN 20 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,218 pulgadas. Es de tipo cédula 160 y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 3/4" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Su función es la de eliminar el gas y aliviar el exceso de presión (si fuese necesario) en la tubería de impulsión de la bomba.

■ **Bomba (C)**

Se coloca en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 7.500 mm del extremo izquierdo de la virola.

La tubuladura tiene un diámetro interno de 1-1/4" (31,75 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,191 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). El diámetro de esta tubuladura viene condicionado por la sección de entrada de la bomba. Además consta de un tubo buzo, para poder tomar la fase líquida que será impulsada del fondo del depósito (de este modo se podrá tomar fase líquida aunque disminuya el nivel de líquido en el depósito). A este tubo se soldará a una brida de 1 1/4" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Su función es la de tomar la fase líquida que será impulsada por la bomba para enviarla al surtidor y abastecer a los vehículos.

■ **Retorno del surtidor (E)**

Tubuladura situada en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 8.500 mm del extremo izquierdo de la virola.

Tiene un diámetro interno de 1-1/4" (31,75 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,191 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá un saliente

de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 1 ¼" ANSI 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

La función de esta tubuladura es la de introducir en el depósito el GPL que retorna del surtidor después de la operación de repostaje.

■ Válvulas de seguridad (F)

Situada en la generatriz superior del tanque, a una distancia de 9.600 mm del extremo izquierdo de la virola. Se sitúa en el extremo derecho del depósito, alejada del resto de tubuladuras, para que en caso de descarga se evite el contacto del gas con cualquier elemento, instrumento o tubuladura del depósito.

Tiene un diámetro interno de 3-½" y un espesor de pared del tubo nominal de 0,226 pulgadas. Es de tipo estándar y tendrá un saliente de 300 mm (11,81"). A este tubo se soldará a una brida de 3 1/2" ANSI 300# con 8 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4. El diámetro escogido se debe a que a través de esta tubuladura se debe descargar un cierto caudal de gas en caso de necesidad (este caudal va función del tamaño del depósito).

A esta tubuladura se conectará un colector donde irán colocadas las válvulas de seguridad (dos válvulas de 2 ½"). Pueden verse los cálculos del caudal a descargar, del tamaño y el número de válvulas de seguridad a emplear en el anexo 3.

La función de esta tubuladura es la de sostener al colector al que se conectarán las válvulas de seguridad para que se proceda la descarga controlada en caso de necesidad.

■ Purga inferior (L)

Está situada en la generatriz inferior del depósito, a una distancia de 500 mm del extremo izquierdo de la virola. Se sitúa en esta zona ya que corresponde a la zona más baja del depósito, facilitando así la operación de vaciado del depósito a través de esta tubuladura en situaciones que lo requieran.

Tiene un diámetro de 1-1/4" (DN40 mm) y un espesor de pared del tubo nominal de 0,191 pulgadas. Es de tipo reforzado y tendrá una altura de 160 mm (6,30"). A este tubo se soldará a una brida de 1 1/4" 300# con 4 barrenos. Sus dimensiones y características pueden verse en las tablas 1.3 y 1.4.

Esta tubuladura se mantendrá cerrada mediante una brida ciega de 1 1/4" 300# unida a la boca de la tubuladura con 4 pernos. Las dimensiones y características de la brida ciega y de los pernos de unión pueden verse en la tabla 1.5.

Su función es la de vaciado completo del depósito solo en situaciones que lo requieran.

7.2.3. Conformación

■ Altura

Como se ha visto, todas las tubuladuras colocadas en la generatriz superior del depósito (incluida la boca de hombre) tendrán la misma altura, 300 mm (11,81"). Esta altura es mayor que la mínima requerida para todos los casos; ver la altura mínima requerida en la figura 7.9 del anexo 7.

Se ha escogido este valor debido a que el depósito quedará cubierto por encima de su generatriz superior con 100 mm de arena de río lavada. Como las tubuladuras no pueden quedar completamente cubiertas por la arena, ya que se debe seguir teniendo fácil acceso a ellas, se aumenta la altura de las tubuladuras, dejando 200 mm de tubuladura no cubiertos, obteniéndose una altura final de las tubuladuras de 300 mm.

Por otro lado, las tubuladuras situadas en la tapa de la boca de hombre tendrán una altura de 200 mm (7,87"). Son más cortas que las anteriores ya que no van cubiertas por arena.

La tubuladura colocada en la parte inferior (L) será la más corta, tendrá 160 mm (6,30") de saliente; de este modo se podrá acceder bien a ella sin que se colisione con el fondo de la cuba donde está situado el depósito.

■ Tipo de tubo y extensión hacia el exterior

El tipo de tubo y las dimensiones de los mismos puede verse en el anexo 7.8 del anexo 7.

La extensión hacia el interior de las tubuladuras será de tipo cortado a ras, sin que siga la curva del recipiente. Se hace de este modo ya que dejar cualquier extensión hacia el interior podría facilitar la oxidación de la zona, debilitándola.

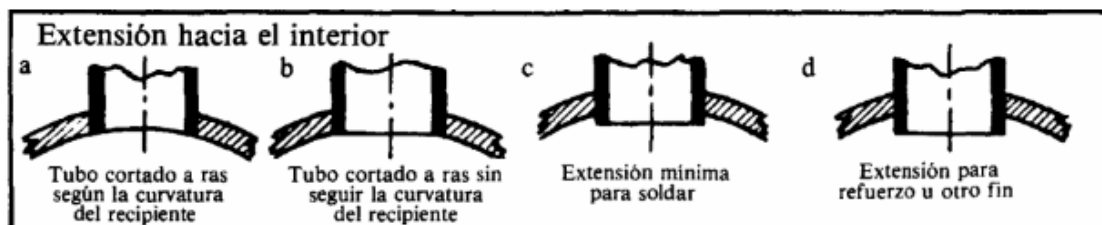


Figura 1.5: Tipos de extensiones hacia el interior de las boquillas.

■ Bridas

Como se ha dicho anteriormente todas las tubuladuras estarán formadas por un cuello y una brida soldable. Pueden verse las características de las bridas soldables pueden verse en la figura 1.6 y en la tabla 1.3.

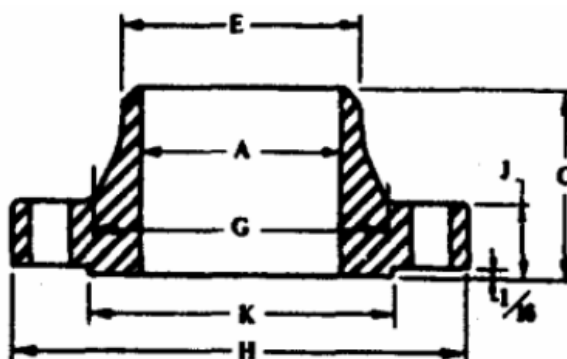


Figura 1.6: Identificación de parámetros de una brida soldable.

Tabla 1.3:
Dimensiones de los parámetros de las bridas soldables.

DN del tubo (in)	Diámetro de la perforación (in)	Longitud en la campana (in)	Diámetro campana en punto soldadura (in)	Diámetro campana en la base (in)	Diámetro exterior de la brida (in)	Espesor de la brida (in)	Diámetro exterior cara elevada (in)
	A	C	E	G	H	J	K
1/2	0,65	2-1/16	0,84	1 1/2	3 3/4	9/16	1-3/8
3/4	0,82	2 1/4	1,05	1-7/8	4-5/8	5/8	2 1/2
1 1/4	1,38	2-9/16	1,66	2 1/2	5 1/4	3/4	2-11/16
2	2,07	2-3/4	2,38	3-5/16	6 1/2	7/8	3-5/8
3 1/2	3,55	3-3/16	4,00	5 1/4	9	1-3/16	5 1/2
20	19,25	6-3/8	20,00	32-1/8	30-1/2	2-1/2	23

En la siguiente tabla 1.4 se muestran las características de los pernos que habrá que usar en las bridas soldables. Se encuentran clasificadas en función del diámetro nominal del tubo al que se conecten (cuerpo de la tubuladura).

Tabla 1.4:
Pernos para bridas soldables.

Tamaño nominal tubo (in)	Número de barrenos	Diámetro de los pernos (in)	Círculo de pernos (in)	Longitud pernos (in)
½	4	½	2-5/8	2-3/4
¾	4	5/8	3 ¼	3
1 ¼	4	5/8	3 7/8	3 ¼
2	8	5/8	5	3 ½
3 ½	8	¾	7 ¼	4 ½
20	24	1 ¼	27	8 ¼

Tanto la boca de hombre (M) como la de purga inferior (L), estarán además cerradas por medio de una brida ciega. En la siguiente figura se muestran los parámetros que las caracterizan, se acompaña además de la tabla 1.5 dónde se les da valor a dichas dimensiones.

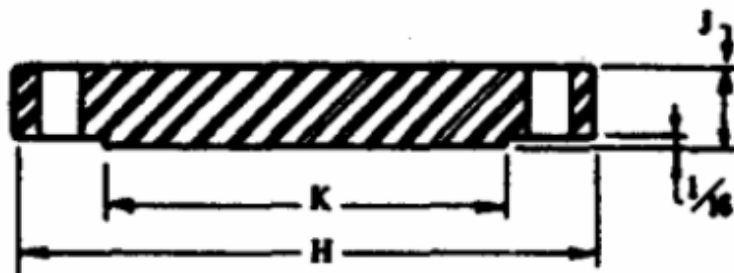


Figura 1.7: Identificación de parámetros de una brida ciega.

Tabla 1.5:
Dimensiones y pernos para brida ciega.

Tamaño nominal del tubo (in)	Diámetro exterior brida (in)	Espesor de la brida (in)	Diámetro exterior cara elevada (in)	Número de barrenos	Diámetro de los pernos (in)	Círculo de pernos (in)	Longitud pernos (in)
	H	J	K				
1-1/4	5 ¼	¾	1-11/16	4	5/8	3 7/8	3 ¼
20	30 ½	2 ½	12 ¾	24	1 ¼	27	8 ¼

7.2.4. Refuerzo en registros

■ Definición y situaciones de aplicación

Cuando se abren aberturas para un registro o una tubuladura en un recipiente a presión, se elimina una parte de material igual al área de paso que necesite dicho registro o tubuladura; en su lugar se colocará el elemento para el cual se ha realizado la perforación. En determinados casos (en función del espesor del recipiente y del tamaño de la abertura) el recipiente queda debilitado en esa zona; para evitarlo habrá que reforzar el recipiente en torno a la abertura con una cantidad de material igual a la que se quitó al hacer la abertura. El refuerzo puede formar parte del recipiente y de la boquilla de forma integral o bien puede ser un parche adicional, llamado parche de refuerzo.

Los registros soldados, sencillos, no sujetos a fluctuaciones rápidas de presión, como los del caso objeto de estudio, no requieren de refuerzo a no ser que las aberturas sean mayores de:

- ▶ Un tubo de 3" en un recipiente de pared 3/8 de pulgada o menor.
- ▶ Un tubo de 2" en un recipiente de pared mayor de 3/8 de pulgada.

Por tanto según la segunda condición solo requerirán de refuerzo la boca de hombre (tubuladura M) y la tubuladura de las válvulas de seguridad (tubuladura F), ya que tienen un diámetro mayor de 2" (de 20" para la boca de hombre y de 3 ½" para las válvulas de seguridad), pues la pared de la virola tiene un espesor mayor de 3/8 de pulgada (de 13/16 de pulgada). Las otras tubuladuras no lo necesitarán, ya que todas tienen un diámetro menor o igual a 2 pulgadas.

■ Consideraciones

Para conocer si se necesita o no un refuerzo adicional se tiene que tener en cuenta las ciertas consideraciones, las principales son:

1. No es necesario reponer la cantidad total de metal que se eliminó, solo la cantidad total requerida para resistir la presión interna (A).
2. Tanto la placa que se emplea para la virola, como el cuello de la boquilla, son por lo general de mayor espesor que el que se requiera por cálculo. Este exceso en la pared del recipiente (A_1) y que hay en la

pared de la boquilla (A_2) sirven como refuerzo. De modo semejante pueden tomarse también como refuerzo la extensión interior de la abertura (A_3) y el área del metal de la soldadura (A_4).

3. El refuerzo debe estar comprendido dentro de ciertos límites.

El área de sección transversal requerida para soportar el esfuerzo será el área requerida en la virola para resistir la presión interna (A), de la que se restarán las áreas excedentes disponibles dentro del límite (A_1 , A_2 , A_3 , A_4).

Si la suma de las áreas disponibles para el refuerzo ($A_1+A_2+A_3+A_4$) es igual o mayor que el área que debe reponerse (A), la abertura estará reforzada adecuadamente. De lo contrario debe complementarse la diferencia mediante un parche de refuerzo (A_5).

En muchos casos se usan parches de refuerzo con un área de sección transversal igual al área del metal que se eliminó de la abertura. Esto da origen a un exceso en el refuerzo, pero resulta más económico al prescindir de los cálculos.

En el presente caso, dado que solo hay dos tubuladuras que podrían necesitar refuerzo, se calculará con exactitud el área de refuerzo requerida.

■ Cálculos

La nomenclatura usada será la siguiente:

t = Espesor del recipiente (in),

t_r = Espesor mínimo del recipiente determinado por cálculo (in),

t_n = Espesor del cuello de tubuladura (in),

t_{rn} = Espesor mínimo del cuello de la tubuladura determinado por cálculo (in),

d = Diámetro de la tubuladura (in),

D_{BH} = Diámetro de la boca de hombre (in),

D_{VS} = Diámetro de la tubuladura de las válvulas de seguridad (in).

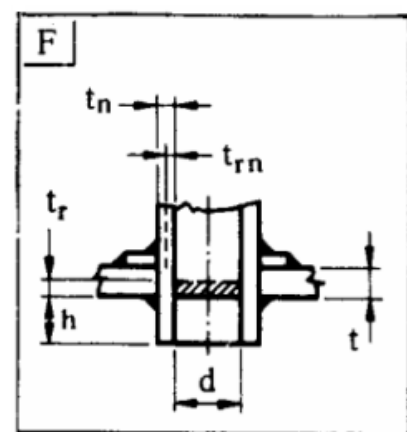


Figura 1.8: Representación de los parámetros de las tubuladuras a reforzar.

a) Refuerzo en Boca de hombre (M)

Se tiene que:

- ▶ A = Área requerida para soportar la presión interna.

$$A = t_r \cdot d = t_r \cdot D_{BH} = 0,639 \cdot 20 = 12,78 \text{ in}^2$$

- ▶ A_1 = Área en exceso en la pared del recipiente.

$$A_1 = (t - MC - t_r) \cdot D_{BH} = (13/16 - 1/8 - 0,639) \cdot 20 = 0,97 \text{ in}^2$$

- ▶ A_2 = Área en exceso en la boquilla.

Esta boquilla está diseñada para soportar una presión de 306 lb/in² con un espesor nominal de 0,375 pulgadas, mientras que para soportar la presión de diseño (246,5 lb/in²) se necesita un espesor de boquilla mínimo de:

$$t_m = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6P} = \frac{246,5 \cdot 10}{17.500 \cdot 1 - 0,6 \cdot 246,5} = 0,142 \text{ in}$$

Se calculan los dos valores posibles para A_2 y se toma el valor menor de los dos:

$$A_2 = (t_n - t_m) 5t = (0,375 - 0,142) 5 \cdot 13/16 = 0,947 \text{ in}^2$$

$$A_2 = (t_n - t_m) 5t_n = (0,375 - 0,142) 5 \cdot 0,375 = 0,437 \text{ in}^2$$

Por tanto:

$$A_2 = 0,437 \text{ in}^2$$

- ▶ A_3 = Área de la extensión de la boquilla hacia el interior.

La boca de hombre no se extiende hacia el interior.

$$A_3 = 0$$

- ▶ A_4 = Área del metal de la soldadura.

Tamaño de la soldadura de filete es de 3/8 de pulgada, (Ver apartado 2 “Soldadura” del capítulo 3 “Descripción específica”).

$$A_4 = s^2 = (3/8)^2 = 0,141 \text{ in}^2$$

Se tiene que:

$$A = 12,78 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 0,97 + 0,437 + 0 + 0,141 = 1,548 \text{ in}^2$$

Por lo que:

$$A \gg A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

Por tanto se tendrá que poner un refuerzo en la boca de hombre.

Ahora se calculará el área requerida para este refuerzo:

Al área necesaria para la presión de diseño P, se le restarán las áreas excedentes (A_1 , A_2 y A_4). El resultado de esta diferencia se aportará por medio de un elemento de refuerzo, que puede ser un cuello de boquilla más grueso, una prolongación de la boquilla hacia el interior del recipiente o un parche de refuerzo, en este caso se escogerá la última opción.

$$A_5 = A - (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) = 12,78 - 1,548 = 11,232 \text{ in}^2$$

Usando una placa del mismo material que la virola, SA 515-70 de espesor 3 pulgadas, el ancho de la pieza circular que se colocará alrededor de la tubuladura será:

$$l = \frac{A_5}{t_{\text{parche de refuerzo}}} = \frac{11,232}{3} = 3,744 \text{ in}$$

b) Refuerzo tubuladura de válvula de seguridad (F)

Se tiene que:

- ▶ A = Área requerida para soportar la presión interna.

$$A = t_r \cdot d = t_r \cdot D_{V.S} = 0,639 \cdot 3,5 = 2,24 \text{ in}^2$$

- ▶ A_1 = Área en exceso en la pared del recipiente.

$$A_1 = (t - MC - t_r) \cdot D_{V.Seg} = (13/16 - 1/8 - 0,639) \cdot 3,5 = 0,170 \text{ in}^2$$

- A_2 = Área en exceso en la boquilla.

Esta boquilla está diseñada para soportar una presión de 555 lb/in² con un espesor nominal de 0,226 pulgadas (t_n), mientras que para soportar la presión de diseño (246,5 lb/in²) necesitaría un espesor de boquilla mínimo de:

$$t_m = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6P} = \frac{246,5 \cdot 1,75}{17.500 \cdot 1 - 0,6 \cdot 246,5} = 0,0249 \text{ in}$$

Se calculan los dos valores posibles para A_2 y se toma el valor menor de los dos:

$$A_2 = (t_n - t_m)5t = (0,226 - 0,0249)5 \cdot 13 / 16 = 0,817 \text{ in}^2$$

$$A_2 = (t_n - t_m)5t_n = (0,226 - 0,0249)5 \cdot 0,226 = 0,227 \text{ in}^2$$

Por tanto:

$$A_2 = 0,227 \text{ in}^2$$

- A_3 = Área de la extensión de la boquilla hacia el interior.

La boca de hombre no se extiende hacia el interior.

$$A_3 = 0$$

- A_4 = Área del metal de la soldadura.

Tamaño de la soldadura de filete es de 3/8 de pulgada, igual al mínimo tamaño aconsejado (Ver apartado 2 "Soldadura" del capítulo 3 "Descripción específica).

$$A_4 = s^2 = (3/8)^2 = 0,141 \text{ in}^2$$

Se tiene que:

$$A = 2,24 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 0,538 \text{ in}^2$$

Por lo que:

$$A \gg A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

Por tanto se tendrá que poner refuerzo en la tubuladura de las válvulas de seguridad.

Ahora se calculará el área requerida para este refuerzo:

Al área necesaria para la presión de diseño P, se le restarán las áreas excedentes (A_1 , A_2 y A_4). El resultado de esta diferencia (A_5) se aportará por medio de un elemento de refuerzo, que puede ser un cuello de boquilla más grueso, una prolongación mayor de la boquilla hacia el interior del recipiente o un parche de refuerzo, en este caso se escogerá la última opción.

$$A_5 = A - (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) = 2,24 - 0,538 = 1,702 \text{ in}^2$$

Usando una placa del mismo material que la virola, SA 515 70 de espesor 1 pulgada, el ancho de la pieza circular que se colocará alrededor de la tubuladura será de:

$$l = \frac{A_5}{t_{\text{parche de refuerzo}}} = \frac{1,702}{1} = 1,702 \text{ in}$$

Por tanto, para concluir se dirá que solo la boca de hombre (tubuladura M) y la tubuladura de las válvulas de seguridad (tubuladura F) necesitarán parche de refuerzo. El material de ambos parche será acero SA 515 70.

El primero (para la boca de hombre) tendrá un espesor de 3 pulgadas y un ancho de aproximadamente 3,74 pulgadas. El segundo (para la tubuladura de las válvulas de seguridad), tendrá un espesor de 1 pulgada y una anchura de aproximadamente 1,7 pulgadas.

7.2.5. Soldadura

El tipo de soldadura empleado para unir tanto las bridas a los cuellos como la boca de hombre y las tubuladuras al depósito está especificada en el apartado 2 “Soldadura” del capítulo 3 “Descripción específica”.

7.3. SILLETAS

Todo recipiente debe ser soportado, es decir, su carga debe ser transmitida al suelo o a alguna estructura que las transmita al suelo; esta misión la cumplen los dispositivos de sujeción o apoyo. Existen distintos dispositivos en función del tipo de recipiente que tienen que mantener, debido a que se tiene un depósito cilíndrico horizontal se escogerán silletas como medio de sujeción.

7.3.1. Método de diseño

Un recipiente horizontal soportado por silletas se comporta como una viga simplemente apoyada con las siguientes consideraciones:

1. Las condiciones de carga son diferentes cuando se considera el recipiente total o parcialmente lleno.
2. Los esfuerzos en el recipiente son función del ángulo formado por las silletas.
3. Las cargas generadas por el peso propio del recipiente están combinadas con otras cargas.

Las cargas que habrá que considerar son:

a) Reacción en las silletas

Se recomienda calcular las reacciones en las silletas considerando el peso del recipiente lleno de agua.

b) Presión interna

Ya que el esfuerzo longitudinal en los recipientes es la mitad de los esfuerzos circunferenciales, aproximadamente la mitad del espesor de la envolvente sirve para soportar la carga debida al peso del equipo.

c) Presión externa

No se tienen en cuenta ya que el depósito no soporta presión externa.

d) Cargas del viento

No se tienen en cuenta ya que el depósito está enterrado.

e) Cargas por impacto

La experiencia ha demostrado que durante el embarque y transporte de los recipientes a presión pueden sufrir daños debido a los golpes recibidos. Esto se debe tener presente al diseñar el ancho de las silletas y las dimensiones de las soldaduras.

Por otro lado se tiene que los esfuerzos a considerar son:

Los recipientes cilíndricos horizontales soportados por medio de silletas, están sometidos a los siguientes tipos de esfuerzos:

- a) Esfuerzos longitudinales por Flexión.
- b) Esfuerzos de Corte Tangenciales.
- c) Esfuerzos Circunferenciales.

Más adelante se calcularán estos esfuerzos para comprobar que las dimensiones escogidas para las distintas partes de las silletas son suficientes para que no se produzcan deformaciones ni el depósito ni en las silletas.

7.3.2. Características generales

7.3.2.1. Tipo de silletas

Pueden ser metálicas soldadas al recipiente o de hormigón armado, unidas a la base donde se situará el depósito.

En el caso de depósitos pequeños exteriores se usan silletas metálicas, mientras que para depósitos exteriores de gran capacidad se suelen usar de hormigón.

En el caso de depósitos enterrados es preferible usar silletas metálicas, sea cual sea el volumen, debido a que las de hormigón hay que terminar de construirlas con el depósito colocado en la cubeta y por cuestiones de espacio es más difícil su montaje.

Por tanto, para el depósito objeto de estudio se escogerán silletas metálicas que irán soldadas al depósito.

Debido a las dimensiones del depósito (las silletas tendrán que soportar un gran peso) se soldarán previamente al depósito dos placas de respaldo para protegerlo. Se colocarán en la zona donde posteriormente se soldarán las silletas.

7.3.2.2. Material

Dado que el material del depósito es muy resistente (se recuerda que tiene un $S = 17.500 \text{ lb/in}^2$) y para evitar problemas de compatibilidad a la hora de realizar la soldadura, se elige como material para las silletas y para las placas de respaldo el mismo que para el recipiente, el SA 515 70.

7.3.2.3. Número y localización

Desde el punto de vista estético y económico, es preferible el uso de dos silletas. Cuando se usan más de dos silletas como soporte se corre el riesgo de que algunas de ellas “se sienten” y en vez de ayudar a soportar el equipo, sean soportadas por éste, involucrando cargas que originalmente no se habían considerado. Por tanto, para soportar el depósito se colocarán dos silletas.

La localización de las silletas está determinada algunas veces por la posición de boquillas o sumideros en el fondo del recipiente, como este no es el caso (la única tubuladura colocada en la parte inferior está situada en un extremo de la virola, por lo que no será un impedimento), las silletas deberán ser localizadas en el lugar óptimo desde el punto de vista mecánico.

Al localizar las silletas se recomienda que la distancia entre la línea de tangencia de las tapas y la silleta nunca sea menor que 0,2 veces el diámetro del recipiente (D), ni mayor de 0,2 veces la longitud de la virola (L_v). Puede verse esta recomendación el anexo 7.12.

$$0,2D < A < 0,2L_v \rightarrow 18'' < A < 92,05''$$

En este caso se colocarán dos silletas simétricas a una distancia de 70" (1,778 m) del extremo de la virola, mayor de 0,2 veces el diámetro del recipiente y menor de 0,2 veces la longitud de la virola, por tanto está dentro de los límites aconsejados.

7.3.2.4. Ángulo de contacto

El valor del mínimo ángulo de contacto entre la silleta y el cuerpo según el Código ASME es de 120°, excepto en recipientes muy pequeños. Cuanto más grande sea el ángulo de contacto mayor será el coste de la silleta (se requiere mayor material para su fabricación y mayor longitud de soldadura). Por tanto se toma un ángulo de contacto de 120° para las silletas. Si en la comprobación de esfuerzos se superasen algunos de los valores límites, se probaría a aumentar el ángulo de contacto, buscando una mayor sujeción.

7.3.3. Diseño de silletas

Lo primero que se debe hacer es calcular las cargas a las que estarán sometidas las silletas, para diseñarlas en función del peso máximo que

soportarán. Como se dijo anteriormente solo se dan cargas debidas a la reacción de las silletas producidas por el peso del depósito lleno.

7.3.3.1. Cálculo de cargas

■ Carga debida al peso del recipiente

Para el cálculo del peso del recipiente se seguirán las siguientes consideraciones:

1. Los pesos de todos los elementos están calculados con el peso teórico del acero: 1 pulgada cúbica = 0,28333 libras.
2. Para obtener el peso real del recipiente se agregará el 6% al peso total. Dicho porcentaje sirve para cubrir los excedentes de peso con que se surte el material dentro de sus tolerancias de fabricación y el peso de las soldaduras.
3. Los pesos de los accesorios de tuberías tomados tienen en muchos casos desviaciones considerables en función fabricantes. Los pesos de los accesorios que aparecen en las tablas del anexo 7 son los referentes a los productos de “*Ladish Company*”.

El peso total del recipiente será la suma de todos los elementos que los componen. Los elementos que se consideran esenciales son la virola cilíndrica, los dos fondos y las tubuladuras, no se tendrá en cuenta el peso de las orejetas porque no es relevante en comparación con el de los otros elementos. A continuación se calculará el peso de cada uno de ellos.

► Virola cilíndrica

Conocido el diámetro ($D = 90''$), la longitud ($L = 12,60 \text{ m} = 41,3 \text{ pies}$) y el espesor de la virola ($t = 13/16''$), se busca en las tablas 7.5 y 7.6 del anexo 7 y se toma el dato que aparece.

$$\text{Peso del casco por longitud} = 788 \text{ lb/ft}$$

Sabiendo que la longitud de la virola es de 41,3 pies calculo el peso de la siguiente forma:

$$P_v = 788L = 788 \cdot 41,3 = 32.544,4 \text{ lb}$$

► Fondos

Conocido el diámetro interior de la virola ($D_i = 90''$), el espesor de la pared del fondo ($t_f = 1\frac{1}{4}''$) y el tipo de fondo, se busca en las tablas 7.5 y 7.6 del anexo 7 y se toma el dato del peso del fondo.

$$P_f = 2.894 \text{ lb}$$

► Peso de las tubuladuras

Se calculara de forma aproximada el peso de las tubuladuras (sin tener en cuenta el peso del cuello de la tubuladura, ya que es muy pequeño en comparación con los otros), con ayuda de la tabla 7.9 del anexo 7, donde se indica el peso de las bridas en función del tipo de brida, el diámetro y la presión. Se muestran en la siguiente tabla las tubuladuras, los elementos que las constituyen y sus pesos.

Tabla 1.6:
Peso total de tubuladuras.

TUBULADURA D (in)	PESO CUELLO SOLDABLE (lb)	PESO BRIDA CIEGA (lb)	PESO TOTAL * (lb)
A (2½")	8	-	8
B (1 ¼")	5	-	5
C (1 ¼")	5	-	5
D (¾")	3	-	3
E (1 ¼")	5	-	5
F (3 ½")	20	-	20
G (1 ¼")	5	-	5
H (2")	8	-	8
I (1½")	2	-	2
J (1½")	2	-	2
K (2")	8	-	8
L (1 ¼")	5	6	11
M (20")	378	492	870
PESO TOTAL TUBULADURAS (lb)			952

* Los pesos totales de las tubuladuras están calculados mediante la suma del peso de las bridas que lo forman, sin tener en cuenta el valor del peso del cuello de la tubuladura o del parche de refuerzo.

Se tiene un peso total de las tubuladuras de:

$$P_{Tubuladuras} = 952 \text{ lb}$$

Una vez obtenidos los pesos de cada uno de los elementos que compone el depósito se calcula el peso total del mismo

$$P_T = P_V + P_f + P_{tubuladuras} = 32.544,4 + 2 \cdot 2.894 + 952 = 39.284,4 \text{ lb}$$

Por último, como se dijo en las consideraciones, para obtener el peso real se agregará el 6% al peso total:

$$P_{T6\%} = 1,06 \cdot 39.284,4 = 41.641,5 \text{ lb}$$

► **Carga debida al peso del fluido que contiene**

Para este cálculo habrá que tomar las condiciones más extremas: cuando el depósito este lleno completamente, tomando como fluido agua (ya que su densidad es mayor que la del GPL). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{fluido} = \rho_{agua} \cdot V_{m\acute{a}x.} = 1.000 \cdot 50 = 50.000 \text{ kg} = 110.230 \text{ lb}$$

► **Peso del recipiente lleno**

Se obtiene mediante suma del peso del recipiente vacío más el peso del fluido:

$$P_{lleno} = P_{T6\%} + P_{fluido} = 41.641,5 + 110.230 = 151.871,5 \text{ lb}$$

La carga que soporta cada una de las silletas será la mitad del peso del recipiente lleno (debido a que se tienen dos silletas).

$$Q_{max.} = \frac{P_{lleno}}{2} = \frac{151.871,5}{2} = 75.935,7 \text{ lb}$$

7.3.3.2. Cálculo de los parámetros de las silletas

Dimensiones de las silletas

En la tabla 7.10 del anexo 7 se encuentran tabulados los valores de las distintas dimensiones de las silletas, en función del diámetro del recipiente, para el caso de estudio ($D = 90''$) se tiene que:

$A_1 = 52''$, distancia desde la base hasta la mitad del depósito,

$B = 9''$, ancho del cuerpo de la silleta (perfil),

$C = 79''$, longitud del cuerpo de la silleta (frente),

$E = 10''$, ancho de la placa de respaldo,

$F = 35''$, distancia desde el centro de la silleta al perno de anclaje (frente),

$G = 81''$, longitud de la base de la silleta,

$H = 5/8''$, espesor de las placas que conforman las silletas, base, superficie de contacto con el depósito o la placa de respaldo y cartabones,

$J = 20''$, distancia entre el cartabón y el eje central del depósito,

$K = 1/2''$, espesor de la placa de respaldo.

Pueden verse en la siguiente figura a que parte de la silleta corresponde cada una de las dimensiones dadas.

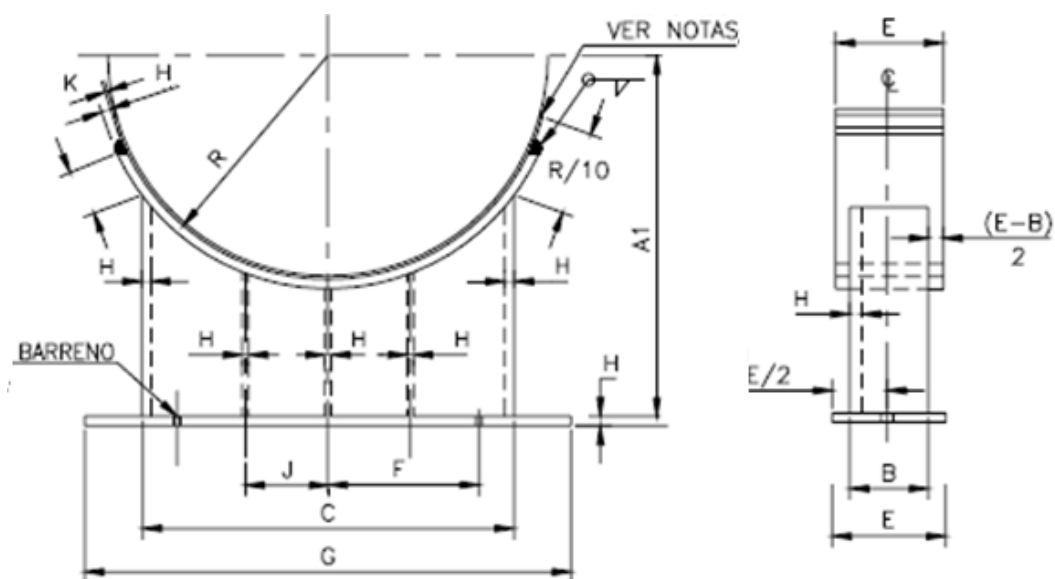


Figura 1.9: Identificación de los distintos parámetros de una silleta.

■ Dimensiones de las placas de contacto con el depósito

Conocidas las dimensiones de las silletas y sabiendo que las placas de contacto con el depósito sobresalen una distancia de H por cada uno de los extremos de las silletas, se procede al cálculo de la longitud de éstas.

Sabiendo que la silleta abarca un ángulo de 120° se calcula el radio que represente al centro de la placa de contacto con el depósito(r^*):

$$r^* = R_{\text{interior depósito}} + t + k + \frac{1}{2}H = 45 + 13/16 + 1/2 + 5/16 = 46,625''$$

Los parámetros usados se han descritos anteriormente y están identificados en la figura 1.9.

Se calcula la longitud de la circunferencia que tiene este radio:

$$L^* = 2 \cdot \pi \cdot r^* = 2 \cdot \pi \cdot 46,625 = 292,95''$$

Ahora se calcula la longitud barrida al recorrer 120° , que es la parte correspondiente a la silleta:

$$l^* = \frac{292,95''}{3} = 97,65''$$

A este valor se le suma la distancia H que sobresale por cada uno de los extremos:

$$l_{placasilleta} = l^* + 2H = 97,65 + 2 \cdot 5/8 = 98,90''$$

Una vez calculada la longitud de la placa ($l = 98,90''$) y conocidos el ancho ($B = 9''$) y el espesor de la misma ($H = 5/8''$) se tiene perfectamente descrita la misma.

■ Dimensiones de las placas de respaldo

Conocidas todas las dimensiones de las silletas y sabiendo que las placas de respaldo sobresalen $R/10$ por cada uno de los extremos de las silletas, se calcula la longitud de éstas:

$$l_{placa.respaldo} = l^* + 2 \cdot \frac{R}{10} = 97,65 + 2 \cdot \frac{45}{10} = 106,60''$$

Conociendo el largo ($l = 106,60''$), el ancho ($E = 10''$) y el espesor de la placa de respaldo ($K = 1/2''$), se tiene definida perfectamente la placa de respaldo.

■ Otros parámetros

Los datos que se recogen a continuación están tomados también de la tabla 7.10 del anexo 7.

► Carga máxima

$$Q_{m\acute{a}x.} = 79.540 \text{ kg} = 175.000 \text{ lb}$$

Mayor que el valor que tiene que soportar, por tanto las silletas diseñadas son válidas.

► Distancia desde la silleta al final de la virola (A):

$$A = 70''$$

► Peso de las silletas

Cada silleta tiene un peso de 250 kg, lo que implica que el peso total de las silletas será de 500 kg o lo que es lo mismo 1.100 libras.

$$P_{\text{Silleta}} = 250 \text{ kg}$$
$$P_{\text{Total Silletas}} = 2 \cdot 250 = 500 \text{ kg} = 1.102,3 \text{ lb}$$

► Cartabones intermedios

Se dotara a cada silleta de dos cartabones intermedios para soportar mejor los esfuerzos, ya que es lo que se recomienda en la tabla 7.10 del anexo 7.

$$N^{\circ} \text{ cartabones} = 2$$

► Diámetro del ancla

Es el diámetro de la abertura en la base de la silleta para su posterior anclaje con espárragos roscados. Esto solo será en la silleta izquierda, ya que en la derecha llevará barrenos ovalados para permitir el desplazamiento en la posible compresión o expansión del depósito (puede verse más ampliado en el apartado 7.3.3.4. de este capítulo).

$$D_{\text{ANCLA}} = \frac{7}{8}''$$

7.3.3.3. Soldadura

El tipo de soldadura empleado para unir tanto la placa de respaldo al depósito como las silletas a éstas se especifica en el apartado 2 “Soldadura” del capítulo 3 “Descripción específica”.

7.3.3.4. Compresión y expansión del depósito

Todos los recipientes que estén situados en instalaciones al aire libre y también los enterrados sienten las variaciones de temperaturas, el incremento o decremento en la temperatura del recipiente origina dilataciones o contracciones en él.

Para absorber estas deformaciones, una de las silletas, de preferencia la del lado contrario a las conexiones de las tuberías principales (la silleta derecha), deberá ser dejada en libertad para desplazarse. En esta silleta se harán ranuras en lugar de agujeros en el anclaje para permitir su deslizamiento. La longitud mínima de las ranuras será determinada de acuerdo a la magnitud de las deformaciones esperadas, el coeficiente de dilatación térmica para aceros al carbón es aproximadamente 0,0000067 ft/F.

Estas dimensiones y las de los barrenos vienen indicadas en la tabla 7.10 del anexo 7, junto con las otras dimensiones de la silleta, que son:

- ▶ Tamaño de las aberturas (barreno ovalado): $1 - 1/8" \times 1 - 3/4"$.
- ▶ Tamaño de los pernos de anclaje (Diámetro del barreno): $1 - 1/8"$.

Para comprobar que estos valores sean los adecuados, hay que mirar en la figura 7.15 del anexo 7, donde se muestran las dimensiones mínimas recomendables para las ranuras en función de la distancia entre silletas y la temperatura de diseño.

En este caso, para una distancia entre silletas de 8.134,1mm (26,7 ft) y una temperatura de diseño entre 0 y 45°C (0 y 113 F) se recomienda un tamaño de ranura mínimo de 3/8" (aproximando al valor superior), como el valor que se tiene es mayor, se cumple la condición.

7.3.3.5. Comprobación del espesor del alma

La sección más baja la silleta debe resistir la fuerza horizontal (F). La sección transversal eficaz de la silleta que resiste esta carga es igual a la tercera parte del radio del recipiente(R). Puede verse en la siguiente figura:

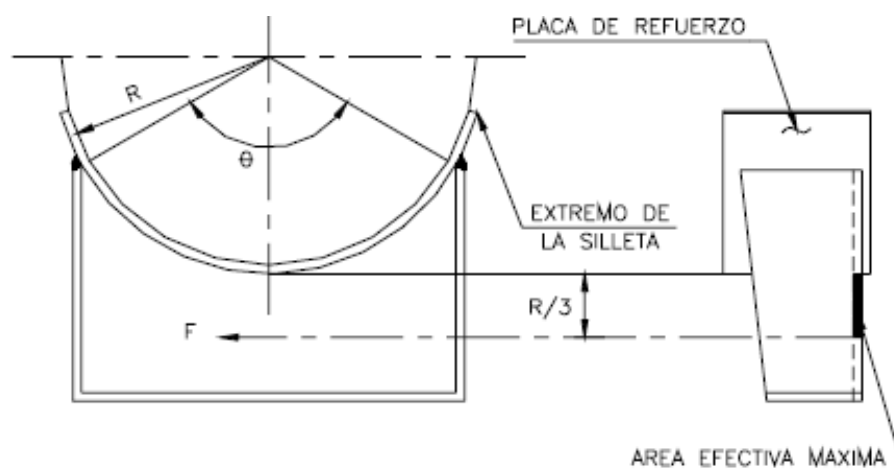


Figura 1.10: Acción de la fuerza F sobre el área efectiva máxima de la silleta.

La fuerza horizontal F se calcula con la expresión:

$$F = K_{11} \cdot Q \quad (1.9)$$

Donde: F = Fuerza horizontal (lb),

Q = Carga sobre una silleta (lb),

K_{11} = Constante tabulada (ver tabla 7.11 del anexo 7).

El esfuerzo medio no debe ser mayor de dos tercios del esfuerzo a la tensión permitida del material.

Con el dato de $\theta = 120^\circ$, se mira la tabla 7.11 del anexo 7 y se toma el valor tabulado de K_{11} para el ángulo de contacto dado, que es:

$$K_{11} = 0,204$$

Se calcula el valor de la fuerza horizontal F :

$$F = K_{11} \cdot Q = 0,204 \cdot 75.935,7 = 15.490,89 \text{ lb}$$

Se calcula el área efectiva necesaria para soportar esta fuerza, siendo R el radio interior de la virola, y t_{alma} el espesor del alma de la silleta, tomado de la tabla 7.10 del anexo 7:

$$A = (R / 3) \cdot t_{alma} = (90 / 3) \cdot 5 / 8 = 18,75 \text{ in}^2$$

Se calcula el esfuerzo en la silleta, siendo F la fuerza horizontal y A , el área efectiva:

$$E_s = \frac{F}{A} = \frac{15.490,89}{18,75} = 826,18 \text{ lb}$$

Se calcula el esfuerzo máximo permitido en la silleta, que es igual a dos tercios del esfuerzo que soporta el material:

$$E_{s.\max.} = \frac{2}{3} \cdot S = \frac{2}{3} \cdot 17.500 = 11.666,67 \text{ lb}$$

El espesor de la placa del alma es satisfactorio para la fuerza horizontal (F), ya que el esfuerzo en la silleta es menor que el máximo permitido:

$$E_{s.\max.} = 5.833,3 \text{ lb} > E_s = 826,18 \text{ lb}$$

7.3.3.6. Comprobación esfuerzos

En la figura 7.16 del anexo 7, se muestran las fórmulas necesarias para hacer el análisis de los esfuerzos generados en el cuerpo de un recipiente cilíndrico horizontal soportado por medio de dos silletas. Los valores positivos obtenidos en las ecuaciones indican que se trata de esfuerzos a tensión y los valores de signo negativo que son elementos que trabajan a compresión.

A continuación se calculará cada uno los esfuerzos con la correspondiente fórmula. La notación usada será la siguiente:

Q = Carga sobre una silleta (lb),

R = Radio del casco (in),

S = Esfuerzo (lb/in²),

$L = L_v$ = Longitud de la virola (in),

$t_s = t_v$ = Espesor de pared de la virola (in),

t_h = Espesor de pared de fondos sin margen de corrosión (in),

K = Constante, ver tabla 7.11 y figura 7.17 del anexo 7.

θ = Ángulo de contacto de la silleta (grados),

E = Módulo de Elasticidad del material del cuerpo o anillo atiesador (lb/in²),

$A = 70"$ Distancia desde el extremo de la virola a la silleta (in).

Se identifican en la siguiente figura algunos de estos valores.

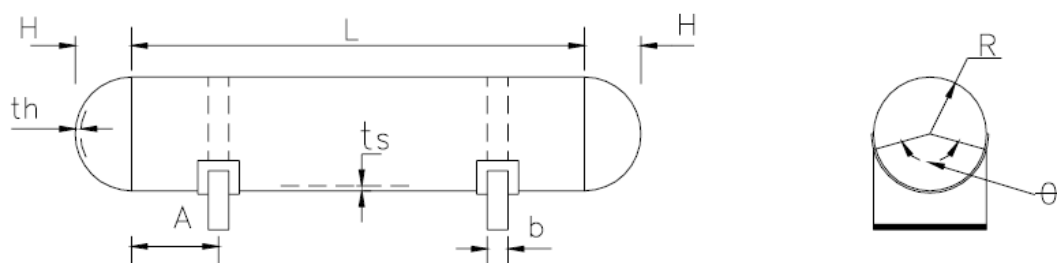


Figura 1.11: Identificación de parámetros en el depósito.

Las incógnitas tomarán los siguientes valores:

$$Q = 75.935,7 \text{ lb},$$

$$R = 45",$$

$$S = 17.500 \text{ lb/in}^2, \text{ para el acero SA 515 70,}$$

$$L = L_v = 11,69m = 460,24",$$

$$t_s = t_v = 13/16",$$

$$t_h = t_f - MC = 1\frac{1}{4} - \frac{1}{8} = 1\frac{1}{8}",$$

K = Tomará distintos valores en cada fórmula,

$$\theta = 120^\circ,$$

$$E = 38.000 \text{ lb/in}^2,$$

$$A = 70".$$

a) Esfuerzos longitudinales por flexión

■ Condiciones de aplicación:

- El máximo esfuerzo longitudinal S_1 puede ser de tensión o compresión.
- Cuando se calcule el esfuerzo a la tensión, en la ecuación de S_1 , se debe usar el valor de K_1 en vez del factor K .
- Cuando se calcule el esfuerzo a compresión en la ecuación de S_1 , se debe usar el valor de K_8 en vez del factor K .
- Cuando se usen anillos atiesadores en el cuerpo, el valor de K será igual a 3,14 en la ecuación para S_1 .
- Cuando la relación t / R sea mayor o igual a 0,005 en un recipiente de acero, el esfuerzo de compresión no se deberá tomar en consideración y el recipiente será diseñado para trabajar solamente a presión interna.
- Si el valor del esfuerzo máximo permisible es excedido por el valor de S_1 , se deberán usar anillos atiesadores en el cilindro del recipiente.

Se calculan a continuación los esfuerzos:

$$\text{Dato:} \quad \theta = 120^\circ \rightarrow K_1 = 0,335$$

■ Esfuerzos en las silletas (tensión en la parte superior y compresión en la inferior):

Se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$S_1 = \frac{Q \cdot A \left(\frac{1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 \cdot A \cdot L}}{1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot L}} \right)}{K \cdot R^2 \cdot t_s} \quad (1.10)$$

Se sustituye y se obtiene:

$$S_1 = \frac{75.935 \cdot 70 \left(\frac{1 - \frac{70}{460,24} + \frac{45^2 - 18^2}{2 \cdot 70 \cdot 460,24}}{1 + \frac{4 \cdot 18}{3 \cdot 460,24}} \right)}{0,335 \cdot 45^2 \cdot 13/16} = 1630,10 \text{ lb}$$

■ En la mitad del claro (tensión en la parte inferior, compresión en la superior):

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S_1 = \frac{\frac{Q \cdot L}{4} \left(\frac{1 + 2 \cdot \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot L}} - \frac{4 \cdot A}{L} \right)}{\pi \cdot R^2 \cdot t_s} \quad (1.11)$$

Se sustituyen los valores en la ecuación anterior y se obtiene:

$$S_1 = \frac{\frac{75.935,7 \cdot 460,24}{4} \left(\frac{1 + 2 \cdot \frac{45^2 - 18^2}{460,24^2}}{1 + \frac{4 \cdot 18}{3 \cdot 460,24}} - \frac{4 \cdot 70}{460,24} \right)}{\pi \cdot 45^2 \cdot 13/16} = 603,10 \text{ lb}$$

A tensión, la suma de S_1 y el esfuerzo debido a la presión interna, S_{PI} , no debe ser mayor que el esfuerzo permitido del material del fondo multiplicado por la eficiencia de la costura circunferencial:

$$S_1 + S_{PI} \leq ES$$

Se comprueba:

► Esfuerzo debido a la presión interna:

$$S_{PI} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot t_s} = \frac{246,5 \cdot 45}{2 \cdot 13/16} = 6.826,15 \text{ lb/in}^2$$

► Suma de los esfuerzos de tensión:

$$S_1 + S_{PI} = 1630,10 + 6.826,15 = 8.456,25 \text{ lb/pulg}^2 \leq ES = 17.500 \text{ lb/in}^2$$

La suma no es mayor que el valor del esfuerzo en la costura circunferencial, por tanto no se necesitan anillos atiesadores y las silletas estarán preparadas para soportar la carga en cuanto al lo que el esfuerzo flexionante longitudinal se refiere.

El esfuerzo a compresión no es factor en vista de que:

$$t_s / R = \frac{13/16}{45} = 0,018 \geq 0,005$$

b) Esfuerzos de corte tangenciales

■ Condiciones de aplicación:

- Si se utilizan placas de respaldo en las silletas, el valor de la suma del espesor del cuerpo más el espesor de la placa de respaldo, deberá ser utilizado como t_s , en las ecuaciones para calcular S_2 , haciendo que la placa de respaldo se proyecte $R/10$ sobre el extremo de la silleta y hacia los lados de la misma.

$$t_s = t_H + t_K = \frac{5}{8} + \frac{1}{2} = \frac{9}{8}''$$

- En recipientes sin anillos atiesadores, el máximo esfuerzo cortante se presenta en la parte superior de las silletas. Cuando la tapa es usada como anillo atiesador, colocando las silletas cerca de las tapas, el esfuerzo de corte tangencial puede causar un esfuerzo adicional en las tapas (S_3). Este esfuerzo se considera sumándolo al causado por presión interna en las tapas.

- Cuando se usan anillos atiesadores, el máximo esfuerzo cortante se presenta en la parte central del recipiente.

Como $A > R/2$ (silletas alejadas de la cabeza) la fórmula aplicable es:

$$S_2 = \frac{K_2 \cdot Q}{R \cdot t_s} \left(\frac{L - 2 \cdot A}{L + \frac{4}{3} \cdot H} \right) \quad (1.12)$$

Donde:

$K = K_2 = 1,171$, ya que no se usan anillos atiesadores, ver tabla 7.11 del anexo 7.

$t_s = t_H + t_K = \frac{5}{8} + \frac{1}{2} = \frac{9}{8}$ ", ya que se tiene placa de respaldo.

Se sustituye en la ecuación 1.12:

$$S_2 = \frac{1,171 \cdot 75.935,7}{45 \cdot 9/8} \left(\frac{460,24 - 2 \cdot 70}{460,24 + 3 \cdot 4/18} \right) = 1.178,89 \text{ lb/in}^2$$

Esfuerzo máximo permitido S_2 no debe exceder en más de 0,8 veces el esfuerzo permitido del material del recipiente, se comprueba:

$$S_2 = 1.159,17 < 0,8S = 14.000 \text{ lb/in}$$

c) Esfuerzos circunferenciales

■ Condiciones de aplicación:

- Si se utilizan placas de respaldo en las silletas, se puede usar el valor de la suma del espesor del cuerpo más el espesor de la placa de respaldo como t_s , en las ecuaciones para calcular S_4 y para el valor de t_s^2 , se deberá tomar la suma de los cuadrados de los espesores, tanto del cuerpo como de la placa de respaldo. Se deberá dar a ésta una proyección $R/10$ sobre la parte superior de la silleta y $A < R/2$.

Dado que en este caso $A = 70$ "no se cumplen las condiciones anteriores y se usará t_s como el espesor de la virola.

- Si se usa placa de respaldo en las silletas, el valor de t_s usado en la fórmula para obtener S_5 , puede ser tomado como la suma de los espesores del cuerpo y la placa de respaldo, siempre que tenga un ancho mínimo igual a:

$$E' = b + 1,56\sqrt{Rt_s} = 9 + \sqrt{45 \cdot 13/16} = 15,05"$$

Siendo b el ancho de la silleta, $b = 9"$. Como E , el ancho de la placa de respaldo tiene un valor de $E = 10"$, no se cumple la condición anterior, por tanto se tomará t_s como el espesor de la virola.

- Si el cuerpo no tiene anillo atiesador, el máximo esfuerzo se presentará en la parte superior de la silleta y su valor no se deberá agregar al esfuerzo producido por la presión interna.
- En un cilindro equipado con anillos atiesadores, los máximos valores del esfuerzo a compresión se presentan en el fondo del cuerpo.
- Si el esfuerzo circunferencial excede del máximo permisible según la figura 7.18 del anexo 7, se deberán usar anillos atiesadores.

A continuación se tabulan los valores de K_9 y K_{10} , para los distintos ángulos (se puede interpolar su fuese necesario).

Tabla 1.7:
Valores de las constantes K_9 y K_{10} para distintos ángulos de contacto.

VALORES DE LA CONSTANTE K							
Ángulo de contacto	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
K_9	0,34	0,33	0,32	0,30	0,29	0,27	0,25
K_{10}	0,053	0,045	0,037	0,032	0,026	0,022	0,017

Se tiene que para $L \geq 8R$ y silletas sin atiesar la ecuación que se debe usar para calcular el esfuerzo circunferencial en el cuerno de la silleta es la siguiente:

$$S_4 = -\frac{Q}{4 \cdot t_s \left(b + 1,56 \sqrt{R t_s} \right)} - \frac{3 \cdot K_6 \cdot Q}{2 \cdot t_s^2} \quad (1.13)$$

Con el gráfico de la figura 7.17 del anexo 7, para un $A/R = 1,5$ y $\theta = 120^\circ$ se tiene que $K_6 = 0,053$. Con estos datos y la ecuación 1.13 se calcula S_4 :

$$S_4 = -\frac{75.935,7}{4 \cdot 13/16 \left(9 + 1,56 \sqrt{45 \cdot 13/16} \right)} - \frac{3 \cdot 0,053 \cdot 75.935,7}{2 \cdot (13/16)^2} = 10.438,17 \text{ lb/in}^2$$

S_4 no debe ser mayor de 1,5 veces el valor del esfuerzo a la tensión permitido del material del fondo, se comprueba:

$$S_4 = 10.438,17 \text{ lb / pulg}^2 \leq 1,5S = 26.250 \text{ lb / pulg}^2$$

Mientras que para el esfuerzo en la parte inferior del casco, esté o no atiesada, la expresión que se usa es:

$$S_5 = -\frac{K_7 \cdot Q}{t_s \cdot (b + 1,56\sqrt{R \cdot t_s})} \quad (1.14)$$

Tomando $K_7 = 0,760$ para $\theta = 120^\circ$ de la tabla 7.11 del anexo 7 se calcula S_5 :

$$S_5 = -\frac{0,760 \cdot 75.935,7}{13/16 \cdot (9 + 1,56\sqrt{45 \cdot 13/16})} = 3.856,40 \text{ lb / in}^2$$

S_5 no debe de ser mayor que la mitad del punto de cedencia por compresión, se comprueba:

$$S_5 = 3.856,40 \text{ lb / in}^2 \leq 0,5 \cdot E = 0,5 \cdot 38.000 = 19.000 \text{ lb / in}^2$$

Se concluye diciendo que las dimensiones de las silletas escogidas tanto su posición es la adecuada, ya que cumple con todas las condiciones en cuanto a esfuerzos se refiere. Además no será necesario el uso de anillos atiesadores.

7.4. OREJETAS

Las orejetas son elementos de sujeción que se colocarán en el depósito y que servirán para izarlo cuando esté vacío. Estos elementos son necesarios para su manejo (realización de maniobras de montaje, transporte, revisiones, etc.) y se deben diseñar y colocar de tal forma que el depósito no sufra tensiones que causen deformaciones permanentes en el mismo.

7.4.1. Material

Los materiales recomendados para las orejetas son el SA 515 70, SA 302 u otro equivalente. Dado que el depósito está fabricado en acero SA 515

70, se escoge este mismo material para las orejetas, evitando así futuros problemas en la compatibilidad a la hora de soldar.

7.4.2. Ubicación

Se colocaran dos orejetas en la generatriz superior del depósito, paralela a ésta y equidistantes del centro del depósito (a una distancia de 2,6 m de la unión de la virola con los fondos). Se hace así para tener una configuración simétrica y obtener así un mejor reparto de las cargas.

La única condición para su ubicación es que se deben situar a una distancia de la unión de la virola con el fondo mayor de cinco veces el espesor de la virola ($5t$), se comprueba:

$$2,6m > 5t = 0,103m$$

En la figura 7.19 del anexo 7 se puede ver un croquis donde se muestra esta condición para la localización de las orejas.

7.4.3. Diseño

Para diseñar las orejetas debe suponerse que toda la carga (recipiente vacío con un 6% de aumento) actúa sobre una sola. En cuanto a las direcciones de carga, deben considerarse todas las que puedan darse durante el embarque, almacenaje, las maniobras de manejo y el montaje.

En primer lugar se toma el dato del peso del recipiente vacío (con el 6% de aumento), al que se le suma el peso de las silletas que han calculado en el apartado anterior:

$$P_T = P_{T.6\%} + P_{T.silletas} = 41.641,5 + 1.102,3 = 42.743,8 \text{ lb}$$

Con este dato calculo la carga que soporta cada orejeta, sabiendo que hay dos:

$$Q = \frac{P_T}{2} = \frac{42.743,8}{2} = 21.371,9 \text{ lb} = 9.694,13 \text{ kg}$$

Ahora se mira la tabla 7.18 del anexo 7, donde se tienen tabulados los valores de las dimensiones de la orejeta en función de la carga.

Para un valor de carga de 9.694,13 kg se toma el valor siguiente tabulado, que es 13.500 kg, que da los siguientes valores para las dimensiones de las orejetas:

$$A = 1 - 1/2''$$

$$F = 3 - 1/2''$$

$$B = 8 - 3/4''$$

$$G = 3/4''$$

$$C = 8 - 3/4''$$

$$H = 1/2''$$

$$D = 1 - 1/2''$$

$$D_{\text{Barreno}} = 1 - 1/2''$$

Puede verse lo que representa cada uno de estos parámetros en la siguiente figura:

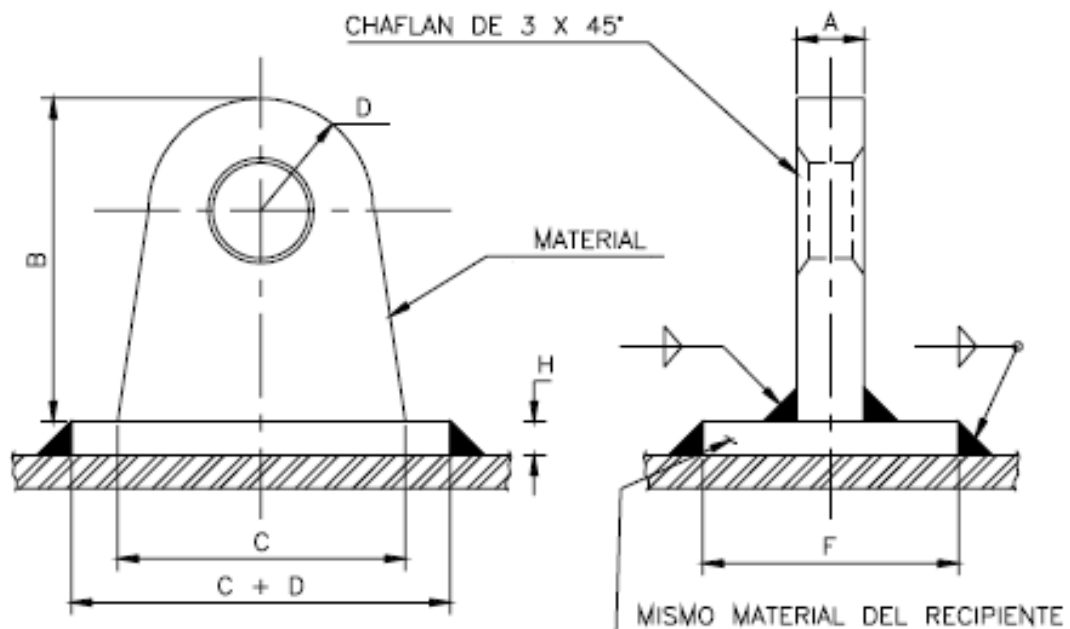


Figura 1.12: Identificación de los parámetros de las orejetas.

7.4.4. Verificación del espesor del recipiente

Es conveniente verificar que el espesor del recipiente o de la placa de respaldo será suficiente para soportar las fuerzas aplicadas en la oreja de izaje, este espesor mínimo viene dado por la ecuación:

$$t_c = \frac{W}{2 \cdot S \cdot (C + t_0)} \quad (1.15)$$

Donde:

t_c = Espesor mínimo requerido en la placa de respaldo o el cuerpo,

W = Peso del equipo vacío,

S = Esfuerzo a tensión del material del cuerpo o placa de respaldo,

C = Longitud mostrada en la figura 7.16 del anexo 7.

t_o = Espesor de la oreja de izaje.

Con estos datos y la ecuación 1.15 se calcula t_c :

$$t_c = \frac{42.743,8}{2 \cdot 17.500 \cdot (11 + 1,5)} = 0,0977"$$

Como $t_c < H$, la condición para el espesor mínimo se cumple.

$$t_c = 0,0977" < H = 1/2"$$

7.4.5. Soldadura

El tipo de soldadura empleada para unir las orejetas al depósito puede verse especificado en el apartado 2 "Soldadura" del capítulo 3 "Descripción específica".

■ **ANEXO 2: Cálculo de la red de tuberías.**

1. Comprobación de la velocidad en la línea de la bomba (C)

En la línea C correspondiente a la bomba, que es la encargada de transportar el GPL líquido impulsado por la bomba hacia el surtidor, habrá que comprobar que la velocidad del combustible dentro de la tubería se encuentra dentro de los valores recomendados para las situaciones más desfavorables que puedan darse (de máxima y mínima velocidad).

Se representan en la siguiente figura ambas situaciones

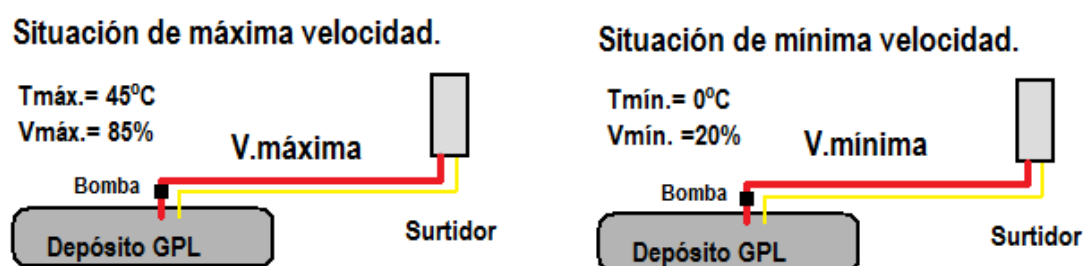


Figura 2.1: Situaciones de máxima y mínima velocidad en la línea de la bomba.

En el primer caso, al estar el depósito lleno al máximo (85%) y darse la máxima temperatura (45°C), la presión en el depósito también será la máxima. Teniendo en cuenta las aproximaciones hechas en el punto 4.1.2 “Presión” del apartado 3.5 “Red de tuberías”, la presión máxima que podría llegar a darse en el depósito sería de 14,8 bar.

Mientras que en el segundo caso, al estar el depósito al mínimo volumen de llenado (20%) y a la mínima temperatura, la presión que se daría en el depósito sería también la mínima. Teniendo en cuenta las mismas aproximaciones que antes, el valor de la presión mínima sería de 1,8 bar.

Habrà que calcular para ambos casos si la velocidad dentro de la conducción para estas dos situaciones está dentro de los valores recomendados. De este modo queda comprobado que para todos los casos intermedios que puedan darse, también lo estarán. La velocidad recomendada para el GPL líquido a la salida de la bomba oscila desde los 0,6 a los 7,5 m/s.

Se calculan a continuación los valores de velocidad para cada una de las situaciones.

Situación 1: máxima velocidad

Con el valor de máxima presión ($P_{\text{máx.}} = 14,8$ bar), el valor de presión establecido en el surtidor ($P_{\text{Surtidor}} = 13$ bar) y las pérdidas de carga de la línea C ($\Delta h \sim 3$ bar) se calcula la diferencia de presión que se dará en la situación 1, que tomará un valor de 1,2 bar.

Para este valor, con ayuda de la gráfica de la figura 2.2 se calcula el valor del caudal que es capaz de suministrar la bomba, que será de 184 l/min, o lo que es lo mismo $3,07 \text{ m}^3/\text{s}$.

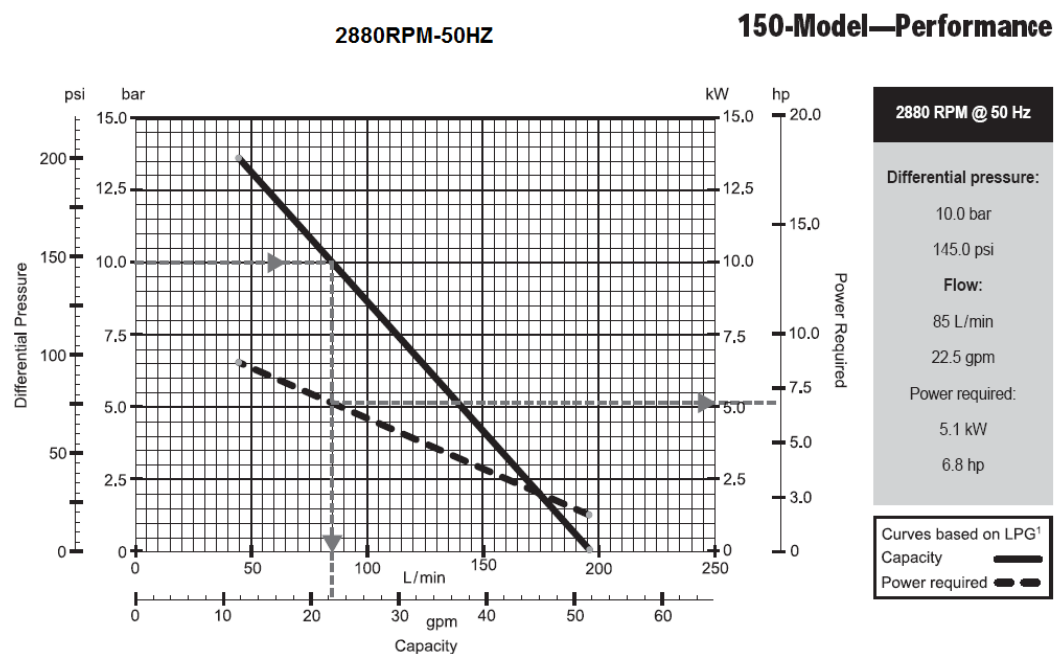


Figura 2.2: Relación diferencia de presión con caudal para la bomba seleccionada.

Ahora se calculará la velocidad máxima según la siguiente ecuación:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (2.1)$$

Sabiendo que Q es el caudal apenas calculado con la gráfica y D el diámetro nominal de la tubería, que será de 32 mm, se calcula el valor de la velocidad.

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 3,07}{\pi \cdot 0,032^2} = 3,81 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{máx.}} = 3,81 \text{ m/s}$$

Se hace lo mismo para el caso de mínima velocidad:

■ **Situación 2: mínima velocidad**

Con el valor de mínima presión en el depósito ($P_{\min.} = 1,2$ bar), el valor de presión establecido en el surtidor ($P_{\text{Surtidor}} = 13$ bar) y las pérdidas de carga de la línea A ($\Delta h \sim 3$ bar) se calcula la diferencia de presión que se dará en la situación 1, que tomará un valor de 14,8 bar.

Para este valor, con ayuda de la gráfica de la figura 2.2 se calcula el valor del caudal que es capaz de suministrar la bomba, que será de 30 l/min, o lo que es lo mismo $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Sabiendo que Q es el caudal apenas calculado con la gráfica y D el diámetro nominal de la tubería, que será de 32 mm, se calcula el valor de la velocidad con la ecuación 2.1.

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,032^2} = 0,62 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{máx.}} = 0,62 \text{ m/s}$$

Una vez calculados los valores de velocidad para las dos situaciones más extremas, $V_{\min} = 0,32 \text{ m/s}$ y $V_{\text{máx.}} = 3,81 \text{ m/s}$ queda comprobado que los valores están dentro del intervalo recomendado, por lo que todas las velocidades que se den en esta línea también lo estarán.

2. Pérdidas de carga en la línea de la bomba (C)

Habrà que calcular las pérdidas de carga en la línea de la bomba (línea C) para poder comprobar que la bomba es capaz de suministrar el GPL a la presión deseada.

Se conoce la presión más desfavorable existente en el depósito y se conoce la presión a la que tendrá que llegar el fluido al surtidor. Por tanto, habrá que calcular las pérdidas de carga de la conducción para poder saber si la bomba será capaz de impulsar el fluido en las condiciones esperadas.

Para calcularlas se determinará primero la longitud de la tubería y después la longitud equivalente de cada uno de los accesorios. Dado que el

diámetro es el mismo para toda la línea y para todos los accesorios, mediante suma se podrá calcular la longitud total (debida a las tuberías y a todos los accesorios). Por último, con este valor se podrá calcular la pérdida de carga total de la línea mediante la ecuación de *Darcy-Weisbach*.

2.1. Cálculo de la longitud de la tubería

Teniendo en cuenta las aproximaciones del punto 5.1 del apartado 3.5 “Red de tuberías” se calcula la longitud total de la línea A, que será de:

$$L_{Tuberías} = 16.423 \text{ mm}$$

2.2. Cálculo de la longitud equivalente

Para llevar a cabo el cálculo de las pérdidas de carga debida a los accesorios presentes en esta línea, se hará uso del concepto de longitud equivalente. Se trata de encontrar la longitud de tramo recto de tubería de igual diámetro que el accesorio, que representa la misma pérdida de carga para el fluido que el propio accesorio. De esta manera se considera el accesorio como si fuera un tramo de tubería.

Para el presente caso se calcularán las pérdidas de carga debidas a todos los accesorios de la línea, por lo que se calculará la suma de la longitud equivalente de todos ellos.

Para calcular la longitud equivalente de cada uno de los accesorios se hará uso de la figura 9.2 del anexo 9, en la que conociendo el diámetro del accesorio (1 ¼”) y el tipo de accesorio se obtiene la longitud equivalente del mismo.

Dado que no todos los accesorios de la línea aparecen en el gráfico de la figura 9.2 del anexo 9, se harán las siguientes aproximaciones:

- ▶ Las pérdidas de carga producidas por una válvula de bola abierta serán las mismas que las producidas por una válvula de asiento abierta.
- ▶ Las pérdidas de carga producidas por una válvula de exceso de flujo serán las mismas que las producidas por una válvula de retención abierta.

Se muestran en la siguiente tabla recopilados los distintos accesorios y las longitudes equivalentes de los mismos.

Tabla 2.1:
Longitud equivalente de los accesorios.

ELEMENTO	LONGITUD EQUIVALENTE (m)	Nº DE ELEMENTOS
Válvula de bola abierta (C.1, C.5, C.8)	12	3
Válvula antirretorno(C.2, C.4, C.9)	2,7	3
Codo	0,73	9
Conexión en T	2,4	2

Se calcula a continuación la longitud equivalente correspondiente a todos los accesorios mediante suma.

$$L_{eq.Accesorios} = \sum L_{equivalente} = 12 \cdot 3 + 2,7 \cdot 3 + 0,73 \cdot 9 + 2,4 \cdot 2 = 55,47 \text{ m}$$

$$L_{eq.Accesorios} = 55,47 \text{ m}$$

2.3.Cálculo de las pérdidas de carga

La expresión a utilizar para calcular estas pérdidas de carga será la siguiente:

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L_T}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (2.2)$$

Siendo:

$$L_T = L_{tuberías} + L_{eq.Accesorios} \quad (2.3)$$

Dónde: h_f = pérdida de carga de toda la línea (m),
 $4f$ = factor de fricción de Darcy (adimensional),
 L_T = longitud de todas tuberías y longitud equivalente de todos los accesorios de la línea (m),
 D = diámetro interior de la tubería (m),
 V = velocidad del fluido (m/s),
 g = aceleración de la gravedad (m/s²).

A continuación se calculan los parámetros que no se conocen.

■ Cálculo del Número de Reynolds

El número de Reynolds se calcula según la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \quad (2.4)$$

Siendo: ρ = densidad del fluido (kg/m^3),
 V = velocidad del fluido (m/s),
 D = diámetro interior de la tubería (m),
 μ = viscosidad del fluido ($\text{Pa}\cdot\text{s}$).

Se le dan valores a cada uno de los parámetros:

► Densidad del fluido

Se sabe que la densidad del propano y del butano líquido varían dentro de los siguientes valores:

$$\rho_{\text{Propano}} = 500 - 510 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{Butano}} = 570 - 580 \text{ kg/m}^3$$

Tomando el valor medio de la densidad para cada uno de los fluidos y suponiendo que la composición del GPL sea de un 70% en butano y un 30% en propano y que no exista ningún otro componente, se calcula la densidad del GPL.

$$\rho_{70\%} = \frac{505 \cdot 30 + 575 \cdot 70}{100} = 554 \text{ kg / m}^3$$

► Velocidad del fluido

Cuanto mayor sea la velocidad mayor será la pérdida de carga, por lo que tomamos como velocidad la máxima calculada en el apartado 1 de este anexo.

$$V_{\text{máx.}} = 3,81 \text{ m / s}$$

► Diámetro interior de la tubería

El diámetro interior de la tubería es un valor conocido, que será:

$$D = 0,032 \text{ m}$$

► Viscosidad del fluido

Se supone que la velocidad del GPL será igual que la del agua:

$$\mu = 1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Se sustituyen estos valores en la ecuación y se obtiene el valor del número de Reynolds:

$$\text{Re} = 64.114 \cong 6,5 \cdot 10^4$$

■ **Calculo de la rugosidad relativa**

Para calcular la rugosidad relativa es necesario conocer el material del que está construida la tubería y el diámetro de la misma.

El material será es acero inoxidable AISI 304. Con ayuda de la tabla de la figura 9.1 del anexo 9 se toma el dato de la rugosidad para “*Stainless Steel*”, que tomará un valor de:

$$\varepsilon = 0,002 \text{ mm}$$

El diámetro de la tubería como se dijo anteriormente es de 32 mm; con este dato y el de la rugosidad se calcula la rugosidad relativa mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{\varepsilon}{D} \quad (2.5)$$

Se sustituyen los valores obteniéndose:

$$f = \frac{0,002}{0,032} = 6,25 \cdot 10^{-5}$$

■ **Determinación del factor de Darcy**

Para determinar el factor de Darcy, $4f$, se necesitan los datos de la rugosidad relativa y del numero de Reynolds calculados anteriormente.

Con estos datos y el gráfico de la figura 9.1 del anexo 9 se calcula el factor de Darcy, que tomará un valor de aproximadamente:

$$(4f) = 0,0196$$

Una vez determinados todos los parámetros, se sustituye la ecuación 2.3 en la 2.2 y se calcula la pérdida de carga en la línea de la bomba (línea C), debida tanto a las tuberías como a todos los accesorios de la misma.

$$h_f = (4f) \cdot \frac{L_{tuberías} + L_{eq.Accesorios}}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,0196 \cdot \frac{16,423 + 55,46}{0,032} \cdot \frac{3,81^2}{2 \cdot 9,81} = 32,6 \text{ m}$$

$$h_f = 32,6 \text{ m}$$

Se calcula a continuación la diferencia de presión que producirá una columna de agua de dicha altura:

$$\Delta P_{Pérdidas \text{ de Carga}} = \rho \cdot g \cdot h_f \quad (2.6)$$

Siendo: ρ = Densidad del agua (kg/m^3),
 g = Aceleración de la gravedad (m/s^2),
 h_f = Pérdidas de carga totales en la línea de la bomba (m).

Se sustituyen los valores y se calcula:

$$\Delta P_{Pérdidas \text{ de Carga}} = 1.000 \cdot 9,81 \cdot 32,6 = 319.426,5 \text{ Pa} = 3,19 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{Pérdidas \text{ de Carga}} \cong 3,19 \text{ bar}$$

Por tanto, las pérdidas totales de carga que se producirán en la línea de la bomba (línea C) en el peor de los casos (velocidad máxima) tendrán un valor de aproximadamente 3,2 bar.

2.4. Comprobación

Por último habrá que ver si la diferencia de presión que es capaz de suministrar la bomba es mayor que la máxima diferencia de presión que pueda darse en la línea C, de este modo se comprobará que la bomba será capaz de funcionar correctamente en todos los casos que puedan darse.

Se calcula la máxima diferencia de presión que puede darse en la línea C, según la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{\text{máx. línea C}} = P_{\text{Surtidor}} - (P_{\text{mín. depósito}} - \Delta P_{\text{Pérdidas de carga}}) \quad (2.7)$$

Siendo: $P_{\text{Surtidor}} = 13 \text{ bar}$

$P_{\text{Mín. Depósito}} = 1,2 \text{ bar}$

$P_{\text{Pérdidas de carga}} = 3,2 \text{ bar}$

Se obtiene un valor de:

$$\Delta P_{\text{máx.línea C}} = 15,0 \text{ bar}$$

Lo comparamos con la diferencia de presión máxima que es capaz de suministra la bomba:

$$\Delta P_{\text{Bomba}} = 17,2 \text{ bar}$$

Como la diferencia de presión que es capaz de suministrar la bomba es mayor que la diferencia de presión de la situación más desfavorable que puede darse, se comprueba que la bomba será capaz de trabajar satisfactoriamente para todas las condiciones que puedan darse en la instalación.

$$\Delta P_{\text{Bomba}} > \Delta P_{\text{máx.línea C}}$$

■ **ANEXO 3: Cálculo del caudal de descarga y elección de las válvulas de seguridad.**

El caudal de descarga de la válvula deberá ser suficiente para que la presión en el interior del depósito no sobrepase el valor límite (un 10% de la presión de apertura “P” en los depósitos de capacidad mayor de 20 m³) y como mínimo, el resultante de la siguiente función, que depende de la superficie del depósito. Si el depósito es enterrado se puede considerar que el caudal es un 30 por ciento menor. Se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$A = 10,6552 \cdot S^{0,82} \text{ m}^3 (\text{st}) \text{ de aire / min.} \quad (3.1)$$

Donde: A = caudal de aire estándar (m³/min),
 S = superficie total del depósito (m²).

En la siguiente tabla quedan reflejados los valores de caudal de descarga para los distintos depósitos:

Tabla 3.1:
Valores de descarga de válvulas de seguridad para depósitos de hasta 60 m³.

VALORES DE LA DESCARGA QUE HA DE TENER LA VÁLVULA DE SEGURIDAD PARA DEPÓSITOS DE HASTA 60 m ³							
Diám. m	Volum. m ³	Descarga V.S. m ³ /min		Diám. m	Volum. m ³	Descarga V.S. m ³ /min	
		aéreo	enterrado			aéreo	enterrado
1,2	2,450	69,8	48,9	2,2	28,000	295,9	207,1
	2,670	74,4	52,1		29,600	308,9	216,2
	4,000	99,2	69,4		33,000	334,1	233,8
	4,440	107,7	75,4		36,200	359,3	251,3
	4,660	110,9	77,6		37,900	371,8	260,2
	4,880	115,0	80,5		39,500	383,8	268,6
	6,430	141,9	99,3		42,900	408,3	285,8
	6,650	145,8	102,1		46,200	432,1	302,5
	6,870	148,7	104,1		47,800	444,0	310,8
	7,090	152,2	106,5		49,500	455,9	319,1
1,5	8,334	122,3	122,3	2,45	52,800	479,2	335,4
	7,000	133,9	93,7		56,000	502,6	351,8
	10,000	173,8	121,7		57,700	513,8	359,6
	13,030	211,3	147,9		59,400	525,3	367,7
	16,050	247,8	173,5		22,650	239,9	167,9
	19,070	282,8	198,0		24,900	256,5	179,5
1,75	22,090	316,8	221,8		27,200	272,9	191,0
	10,600	168,0	117,6		31,800	305,5	213,8
	15,180	243,6	170,5		36,300	337,0	235,9
	19,760	263,5	184,5		38,600	352,4	246,7
	24,350	308,5	216,0		40,900	367,8	257,4
	28,930	351,9	246,3		45,500	398,0	278,6
	33,510	391,9	274,3		49,950	427,8	299,4
2,2	38,100	435,5	304,9		52,300	442,5	309,7
	23,000	256,5	179,5		54,600	457,5	320,2
	26,300	282,8	197,9		59,100	486,4	340,5

En el caso de estudio se toma como valor de caudal de descarga 335,4 m³/min (aproximamos al valor superior, para tomar un dato más seguro).

Para superar con total seguridad este valor se colocarán dos válvulas de seguridad con un caudal de descarga cada una de ellas de 248m³/min, de modo que la suma de los caudales de las dos válvulas sea mayor que el valor mínimo de descarga.

■ **ANEXO 4: Cálculo del sistema de protección catódica.**

Para calcular el número de ánodos necesarios para proteger correctamente el depósito habrá que definir y calcular los siguientes parámetros:

► **Radio equivalente (r^*)**

Es el radio de un cilindro de igual superficie transversal que el ánodo, cuando éste se haya consumido un 40 por ciento.

$$S = \pi \cdot r^2 \quad (4.1)$$

Al consumirse un 40 por ciento quedará el 60 por ciento del radio:

$$r^* = 0,60 \cdot r \quad (4.2)$$

Siendo: S = Superficie transversal del ánodo (cm^2),
 r = Radio real del ánodo (cm),
 r^* = Radio equivalente, tras consumirse el 40% (cm).

Se dan valores a los parámetros para el modelo de ánodo escogido (9D3):

$$P = 9 \text{ lb} = 4,08 \text{ kg}$$

$$a = b = 3 \frac{1}{2}'' = 8,89 \text{ cm} \rightarrow r = \frac{a}{2} = 4,45 \text{ cm}$$

$$c = L = 13 \frac{1}{2}'' = 34,29 \text{ cm}$$

Ahora se calcula el radio equivalente con la ecuación 4.2:

$$r^* = 0,60 \cdot r = 0,60 \cdot 4,45 = 2,67 \text{ cm}$$

$$r^* = 2,67 \text{ cm}$$

► **Resistencia de los ánodos**

La resistencia viene determinada por las dimensiones del ánodo así como por la resistencia específica del medio electrolítico en el que está instalado.

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{r^*} - 1 \right) \quad (4.3)$$

Siendo: R_1 = Resistencia del ánodo (Ω),
 ρ = Resistividad del medio en que está instalado ($\Omega \cdot \text{cm}$),
 L = Longitud del ánodo (cm),
 r^* = Radio equivalente (cm).

Se calcula la resistencia del terreno (medio en el que se encuentra instalado el ánodo):

En la tabla 10.1 del anexo 10 se muestra la resistividad de los distintos terrenos en función de los materiales que los componen. En el caso de estudio la cubeta que contendrá el depósito estará rellena de arena de río lavada. Por ello se tomará el dato referente a “arena fina y guijarros (secos)”, que varía entre 10^2 y $10^3 \Omega \cdot \text{m}$, o lo que es lo mismo 10^4 y $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$. Se toma para los cálculos el valor medio de ambos valores.

$$\rho = 10^4 - 10^5 \Omega \cdot \text{cm} \longrightarrow \rho_{\text{medio}} = 5 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$$

Al ser los ánodos elegidos empacados, la presencia de la mezcla activadora según el fabricante, hace que se reduzca la resistencia del terreno a la tercera parte, obteniéndose:

$$\rho_{\text{empacado}} = \frac{\rho}{3} = 1,67 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$$

Una vez vistos los distintos parámetros se calcula el valor de la resistencia R_1 con la ecuación 4.3:

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{r^*} - 1 \right) = \frac{1,67 \cdot 10^4}{2 \cdot \pi \cdot 34,29} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot 34,29}{2,67} - 1 \right) = 227,81 \Omega$$

► Intensidad de corriente suministrada por los ánodos

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{|\Delta V|}{R_1} \quad (4.4)$$

Dónde: I = Intensidad del ánodo (A).
 R_1 = Resistencia del ánodo (Ω).
 ΔV = Diferencia de potencial entre el de disolución del metal anódico en el medio agresivo y el de protección (V).

Sabiendo que el potencial de la aleación de magnesio tiene un valor de 1,70 Voltios, que el potencial de protección es -0,85 Voltios y el valor de la resistencia apenas calculado, se tiene que la intensidad en los ánodos será de:

$$I = \frac{|\Delta V|}{R_i} = \frac{|1,70 - 0,85|}{227,81} = 3,73 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 3,73 \text{ mA}$$

El valor de intensidad como se esperaba es bajo, esto se debe a la alta resistividad del terreno en el que se situará el depósito.

► Tiempo de vida de los ánodos

La duración de los ánodos puede ser un aspecto muy importante, ya que en ocasiones la renovación de los ánodos supone un problema económico de obra civil (hormigonados, asfaltos, etc.); por tanto hay que intentar que su tiempo de vida sea el máximo posible. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_D = \frac{C \cdot P \cdot \mu \cdot F}{I} \quad (4.5)$$

Donde: V_D = Vida del ánodo (h),
 C = Capacidad de corriente del ánodo, proporcionado por el fabricante (Ah/kg),
 P = Peso del ánodo en (kg),
 μ = Rendimiento de la aleación en el electrolito,
 F = Factor de utilización, normalmente va del 80 al 85%.

Los datos son los siguientes:

Según el fabricante, la capacidad de corriente del ánodo será de 1.230 Ah/kg, mientras que el rendimiento tomara un valor del 50%. Estos datos pueden verse en la ficha técnica del fabricante, en el anexo 10.

El peso del ánodo como se dijo al inicio es de 4,08 kg y como factor de utilización se tomará el 80%. Se calcula el tiempo de vida de los ánodos con la ecuación 4.5.

$$V_D = \frac{C \cdot P \cdot \mu \cdot F}{I} = \frac{1.230 \cdot 4,08 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{3,73 \cdot 10^{-3}} = 538.166,22 \text{ h} = 61 \text{ años}$$

Un tiempo de vida del ánodo alto era de esperar, ya que la intensidad de corriente es muy baja.

Debe recordarse que una vez hecha la instalación habrá que medir la diferencia de potencial y la intensidad real, ya que normalmente suelen ser mayores que los valores calculados. Con el valor de intensidad real se recalculará el tiempo de vida, obteniéndose un valor algo menor.

La obtención de un valor alto de vida del ánodo es muy positivo, ya que asegura que durante el tiempo de vida de la estación de servicio probablemente no haya que cambiar el sistema de protección catódica, lo que causaría un gran ahorro en el mantenimiento del sistema de protección catódica (cambio del sistema de protección catódica y obra civil).

► **Cantidad de ánodos a emplear**

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{J \cdot S}{I} \quad (4.6)$$

Dónde: N = Número de ánodos,
 J = Densidad de corriente (mA/m^2). Depende de la calidad del revestimiento a proteger y del medio en el que se encuentre el depósito,
 I = Intensidad que puede suministrar un ánodo (mA),
 S = Superficie exterior del depósito a proteger (m^2).

Se toman y calculan los valores de los distintos parámetros:

Para la densidad de corriente se elige el “acero bien revestido en terrenos normales” que toma valores desde 0,1 a 0,2. Se hacen los cálculos con el valor mayor para que el sistema este preparado para soportar las situaciones más extremas:

$$J = 0,2 \text{ mA} / \text{m}^2$$

En cuanto a la intensidad, se refiere al valor que se ha calculado anteriormente:

$$I = 3,73 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 3,73 \text{ mA}$$

La superficie a proteger es el valor correspondiente a toda la superficie exterior del depósito, se calculará como la suma del área exterior de cada uno de los elementos que componen el depósito:

- ▶ Área de la virola cilíndrica:

$$A_v = \pi \cdot D \cdot L_v = \pi \cdot 2,33 \cdot 11,69 = 85,57 m^2$$

- ▶ Área de las cabezas(fórmula del código ASME para el tipo de cabeza utilizada):

$$A_c = 0,918 \cdot D^2 = 0,918 \cdot 2,33^2 = 4,984 m^2$$

- ▶ Área del depósito:

$$A_T = A_v + 2A_c = 85,57 + 2 \cdot 4,984 = 95,54 m^2$$

- ▶ Área de los accesorios(silletas, orejetas, tubuladuras,etc..), se supone que sea un 10% de la superficie total del depósito:

$$A_{Accesorios} = 0,10 \cdot A_T = 0,1 \cdot 95,54 = 9,554 m^2$$

- ▶ Superficie total a proteger:

$$S = A_T + A_{Accesorios} = 95,54 + 9,554 = 105,09 m^2$$
$$S = 105,09 m^2$$

Con todos los datos se calcula el número de ánodos con la fórmula 4.6:

$$N = \frac{J \cdot S}{I} = \frac{0,2 \cdot 105,09}{3,73} = 5,63 \rightarrow N = 6$$

Una vez obtenido el número de ánodos se le aplica un factor de seguridad que es del orden de 1,40.

$$N^* = 1,4 \cdot N = 1,4 \cdot 6 = 8,4 \rightarrow N^* = 10$$

El valor obtenido se redondea a 10 ya que se aconseja un número par de ánodos para una mejor distribución de los ánodos dentro de la cubeta.

Por último una vez calculado el número de ánodos cuando estos estén instalados habrá que comprobar que el potencial de protección es el correcto.

■ **ANEXO 5: Cálculos de soldadura del depósito.**

► **Tamaño placas**

Para calcular la longitud de las placas se ha tomado el radio de la virola cilíndrica y calculado la longitud de la circunferencia con de dicho radio:

$$R = \frac{D}{2} = \frac{90''}{2} = 45''$$

$$L_D = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot 45'' = 282,74''$$

Para calcular el ancho de las placas (L_{PLACA}) se ha tomado la longitud total de la virola (L_V) y se ha dividido entre en número total de placas (N°_{PLACAS}) según la siguiente ecuación:

$$L_{PLACA} = \frac{L_V}{N^{\circ}_{PLACAS}} \quad (5.1)$$

Se dan valores a las incógnitas:

$$L_V = 11.690 \text{ mm} = 460,24''$$

$$N^{\circ}_{PLACAS} = 5$$

Se calcula el ancho de las placas sustituyendo en la ecuación 5.1:

$$L_{PLACA} = \frac{L_V}{N^{\circ}_{PLACAS}} = \frac{460,24''}{5} = 92,05''$$

Por tanto las dimensiones de las cinco placas que conformen la virola cilíndrica serán aproximadamente de 282,74 pulgadas de largo y 92,05 pulgadas de ancho.

No se ha tenido en cuenta la separación a la que se colocarán las placas a la hora de soldar (de 2 a 4 mm), ya que es despreciable en comparación con el tamaño de las piezas.

► **Ángulo entre uniones soldadas**

Para que se repartan uniformemente los esfuerzos a lo largo de toda la virola la costura longitudinal de los elementos cilíndricos que la conforman deben estar distanciados la misma distancia unos de otros. Para conseguirlo

los elementos cilíndricos se colocarán de tal forma que el ángulo existente una costura longitudinal y la siguiente sea de 72° . Este ángulo se calcula de según la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{360^\circ}{N^\circ \text{ costuras}} \quad (5.2)$$

Se sustituye sabiendo que el número de costuras ($N^\circ_{\text{costuras}}$) es cinco y se obtiene:

$$\theta = 72^\circ$$

► Cálculo de la longitud del chaflán

Para la unión de placas de distinto espesor (mayor de 1/8 de pulgada) mediante soldadura a tope, la placa más gruesa (la de la cabeza) debe achaflanarse.

Puede verse ilustrado en esta figura la situación del caso de estudio y la identificación de los distintos parámetros que se calcularán.

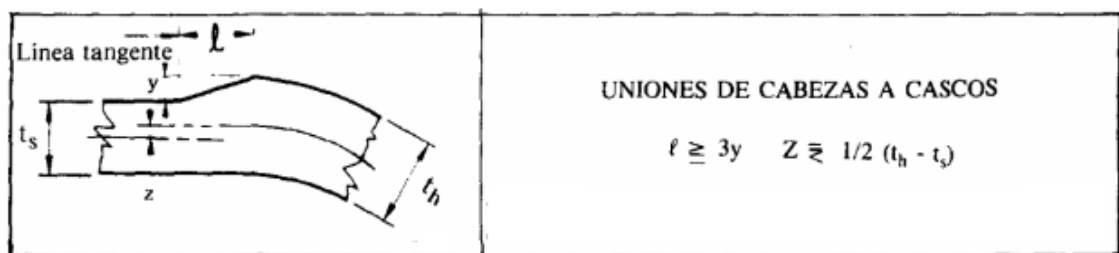


Figura 5.1: Cálculo del chaflán de cabezas con mayor espesor que los cascOS.

La longitud de la transición achaflanada debe ser como mínimo tres veces el desplazamiento que haya entre las superficies adyacentes:

$$l \geq 3y \quad Z \leq 1/2 (t_h - t_s)$$

Se aproxima diciendo que: $y \simeq t_h - t_s$ (5.3)

Siendo " t_h " el espesor de las cabezas, " t_s " el espesor de la virola, " y " el desplazamiento entre las superficies de las placas adyacentes, " l " la longitud del chaflán y " Z " la distancia entre los ejes centrales de cada placa, se calculan estos dos últimos parámetros:

$$t_h = 1 \frac{1}{8}''$$

$$t_s = 13/16''$$

$$y \simeq t_h - t_s = 1 \frac{1}{8} - 13/16 = 5/16''$$

$$l \geq 3y = 3 \cdot 5/16 = 15/16''$$

$$Z \leq 1/2 \cdot (t_h - t_s) = 1/2 \cdot (1 \frac{1}{8} - 13/16) = 1/2 \cdot 5/16'' = 5/32''$$

Por tanto a las placas de las cabezas habrá que hacerle un chaflán de cómo mínimo 15/16 de pulgada y habrá que colocar las placas para la realización de la soldadura con una distancia entre sus ejes de 5/32 de pulgada.

► **Cálculo de la longitud soldada en el depósito**

Se tiene una soldadura longitudinal a lo largo de cada uno de los cilindros que compone la virola, por tanto la longitud total de esta soldadura será el largo de la virola.

$$L_{sold.1} = L_v = 460,24''$$

Por otro lado están las soldaduras que unen a unos cilindros con otros para formar la virola, que son cuatro y dos más que unen la virola con las cabezas. Se tiene entonces un total de seis soldaduras de longitud la de una circunferencia de radio 90 pulgadas.

$$L_{sold.2} = 6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R = 6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 45 = 1.695,6''$$

Por tanto la longitud de soldadura total del cuerpo del depósito será de:

$$L_{sold.total} = L_{sold.1} + L_{sold.2} = 460,24 + 1.695,6 = 2.155,84''$$

■ ANEXO 6: Estimación del precio del depósito.

1. INTRODUCCIÓN

Para estimar el precio aproximado del depósito objeto de estudio se ha tomado como referencia el método propuesto por F. Fernández Cañas.

Es un método genérico que se basa en el cálculo del precio del depósito por partes: primero se calcula el precio del cuerpo del depósito, seguidamente el coste de pintarlo y finalmente el precio de los accesorios del mismo. Se muestran a continuación cada uno de estos cálculos.

2. PRECIO DE LAS PARTES DEL DEPÓSITO

2.1. Cálculo del precio del cuerpo del depósito

El precio del depósito sin pintar se calcula en base al peso del mismo, por ello será lo primero que calculemos.

Tomando los datos del apartado 7.3.3.1. "Cálculo de cargas" se calcula el peso del depósito (sin tener en cuenta los accesorios) al cual le añadiremos un 6% para tener en cuenta posibles variaciones.

Sabiendo que:

$$P_{\text{Virola}} = 32.544,4 \text{ lb}$$

$$P_{\text{Fondo}} = 2.894 \text{ lb}$$

Se tiene que el peso del depósito añadiéndole un 6 por ciento será de:

$$P_{T6\%} = 1,06 \cdot (P_{\text{Virola}} + 2 \cdot P_{\text{fondo}}) = 1,06 \cdot (32.544,4 + 2 \cdot 2.894) = 40.632,3 \text{ lb}$$

$$P_{T6\%} = 40.632,3 \text{ lb} = 18.430,5 \text{ kg}$$

Una vez conocido el peso del depósito, se calcula el precio del cuerpo del depósito sin pintar, usando la siguiente ecuación:

$$Y = 0,8074 \cdot X^{0,75} \quad (6.1)$$

Siendo: Y = Precio del tanque sin pintar (millones de pesetas),
 X = Precio del tanque (Tonelada).

Se sustituye:

$$Y = 0,8074 \cdot (18,4305)^{0,75} = 7,181937 \text{ millones de pesetas} = 43.164,3 \text{ €}$$

Obteniéndose:

$$Y = 43.164,3 \text{ €}$$

2.2. Precio del acabado y la pintura

El precio de la pintura (incluyendo el material y la aplicación) supone de una 18 a un 20% del precio del cuerpo del depósito sin pintar. Se tomará el valor más alto para ponerse en el caso más desfavorable:

$$PVP_{Pintura} = 0,2 \cdot Y = 0,2 \cdot 43.164,3 = 8.632,86 \text{ €}$$

$$PVP_{Pintura} = 8.632,86 \text{ €}$$

2.3. Precio de la boca de hombre

Se muestran en la siguiente tabla el precio aproximado de las bocas de hombre en función de su diámetro.

Tabla 6.1:
Precio de las bocas de hombre.

Diámetro de la boca de hombre (in)	Precio (€/unidad)
30	2.824,76
24	2.464,15
20	2.163,64

Visto que la boca de hombre del depósito objeto de estudio es de 20", el precio de la misma será de:

$$PVP_{Boca \text{ de hombre}} = 2.163,64 \text{ €}$$

2.4. Precio de las tubuladuras

Se muestran en la siguiente tabla el precio aproximado de las tubuladuras en función de su diámetro.

Tabla 6.2:
Precios tabulados para las tubuladuras.

Diámetro tubuladura (in)	PVP mínimo (€/unidad)	PVP máximo (€/unidad)
1	61,30	100,37
1 ½	76,93	102,17
2	102,17	111,19
3	180,30	300,51
4	222,37	366,62

Se recopilan en la siguiente tabla las tubuladuras existentes en el depósito objeto de estudio en función de su diámetro. Se les asignará a cada una de ellas su correspondiente precio, que será calculado del siguiente modo según el caso:

- ▶ Si el diámetro de la tubuladura viene recogido en la tabla 6.2, se le asignará el valor medio entre el precio máximo y mínimo.
- ▶ Si no está recogido pero su valor existe entre los tabulados en la tabla 6.2, se le asignará el valor medio entre el precio de la tubuladura con diámetro inmediatamente superior e inmediatamente inferior.
- ▶ Si no está recogido y su valor es menor que los tabulados en la tabla 6.2, se le asignará el valor inmediatamente superior que este tabulado.

Tabla 6.3:
Precio de las tubuladuras y precio total de las tubuladuras.

Diámetro (in)	Nº tubuladuras	Precio (€/unidad)	Precio Parcial (€)
½	2	61,30	122,61
¾	1	61,30	61,30
1 ¼	5	88,65	443,25
2	3	106,68	320,04
3 ½	1	273,46	273,46
PVP total tubuladuras (€)			1.220,66

Por tanto se tiene que el precio total de las tubuladuras ascenderá a:

$$PVP_{Tubuladuras} = 1.220,66 \text{ €}$$

2.5. Precio de las orejetas

Se supone que el precio de cada orejeta será aproximadamente un 0,5% del precio del cuerpo del depósito sin pintar; se calcula el precio de las dos:

$$PVP_{Orejetas} = 2 \cdot 0,005 \cdot Y = 2 \cdot 0,005 \cdot 43.164,3 = 431,64 \text{ €}$$

$$PVP_{Orejetas} = 431,64 \text{ €}$$

2.6. Precio de las pruebas y los ensayos

Se supone que el precio de las pruebas y los ensayos que serán hechos por el fabricante, tendrán un coste que ascenderá al 1% del precio del cuerpo del depósito sin pintar; se calcula:

$$PVP_{Pruebas \text{ y } ensayos} = 0,01 \cdot Y = 0,01 \cdot 43.164,3 = 431,64 \text{ €}$$

$$PVP_{Pruebas \text{ y } ensayos} = 431,64 \text{ €}$$

3. PRECIO DEL DEPÓSITO

Una vez calculado el precio de cada una de las partes que compone el depósito, se procede al cálculo de precio total del mismo. En la siguiente tabla se recopila el precio de cada una de las partes apenas calculadas y se muestra el coste total del depósito.

Tabla 6.4:
Recopilación de precios de cada parte y precio total del depósito para 1997.

Concepto	Precio (€)
PVP Cuerpo del depósito sin pintar	43.164,30
PVP Pintura	8.832,86
PVP Boca de hombre	2.163,64
PVP Tubuladuras	1.220,66
PVP Orejetas	431,64
PVP Silletas	2.158,22
PVP Pruebas y ensayos	431,64
Precio total del depósito	58.202,96

Estos precios están calculados en base a los precios de 1997, por lo que se incrementarán un 13% para tener en cuenta la subida de precios hasta 2010.

Se calcula el precio estimado para 2010:

$$PVP_{Total\ del\ depósito\ 2010} = 1,13 \cdot PVP_{Total\ del\ depósito\ 1997} = 1,13 \cdot 58.202,96 = 65.769,34\ €$$

Se obtiene por tanto un precio del depósito para el año 2010 de:

$$PVP_{Total\ del\ depósito\ 2010} = 65.769,34\ €$$

10.2. GRÁFICOS Y TABLAS

■ ANEXO 7: Gráficos y tablas para el diseño del depósito

		PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES DE ACERO AL CARBON Y ACEROS DE BAJA ALEACION						NORMAS	
								FIGURA No. 7	
ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE DE DISEÑO A LA TENSION EN 1,000 PSI									
ESPECIFICACION DEL MATERIAL		CUANDO LA TEMPERATURA DE DISEÑO NO EXCEDE DE: °F							
NÚMERO	GRADO	-20 A 650	700	750	800	850	900	950	1050
SA-283	C	12.7	---	---	---	---	---	---	---
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5		
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-181	I	15.00	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5
SA-350	LF1	15.0	---	---	---	---	---	---	---
	LF2	17.5	---	---	---	---	---	---	---
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	---	---
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-193	B7C2-1/2*	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5
SA-194	2H	---	---	---	---	---	---	---	---
SA-307	B	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 7.1: Propiedades acero baja aleación.

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES													
Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.													
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.													
Sustancia.	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"
													Hastelloy "B" o "C"
Butano	A	A	A	-	-	A	-	-	A	A	A	A	A
Alcohol butílico, butanol	A ₁	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de calcio	F	F	F	X	F	C	C	C	A	C	C	C	A
Hipoclorito de calcio	C	C	F	X	C	C	C	C	A	C	C	C	X
Acido carbólico, fenol	A ₁₀	C	F	A	C	A	A	A	A	C	C	C	A
Bióxido de carbono, seco	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Húmedo	C	A	A	X	-	A	A	A	A	A	A	A	A
Tetracloruro de carbono	C	C	F	F	C	F	A	A	A	C	A	C	A
Cloro, seco	A	A	A	A	A	X	A	A	A	X	A ₁₂	X	A ₁₁
Húmedo	X	X	C	A	C	X	X	X	X	X	C	X	A ₁₄
Acido crómico	C	X	X	A	X	C	C	C	C	C	C	X	A ₁₅
Acido cítrico	X	A	A	A	C	F	F	A	A	A	A	A	A
Eteres	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilenglicol	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro férrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C	X	F ₁₁
Sulfato férrico	X	X	X	A	X	F ₁₀	C	C	X	A	A	A	A ₁₂
Formaldehído	F ₁₇	A	A	-	A	C	A	A	A	C	C	C	A
Acido fórmico	X	A	A	-	A	C	F	F	F	A ₁₁	A ₁₁	C	A
Freón, seco	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Furfural	A	A	C	-	-	A	A	A	A	A	A	A	A
Gasolina, agria	C	X	X	A	X	A	A	A	C	A	A	A	A
Refinada	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicerina, glicerol	A ₁₇	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido clorhídrico, < 150°F	X	C	C	C	C	X	C	C	F	X	X	X	A ₁₈
Acido fluorhídrico, frío, < 65%	X	X	X	F	X	X	C	C	A	X	X	X	F
> 65%	X	X	X	C	X	X	C	-	A	X	X	X	A ₁₉
Caliente < 65%	X	X	X	X	X	X	X	X	A	X	X ₁₉	X	A ₁₉
> 65%	X	X	X	X	X	X	C	C	A	X	X	X	A ₁₉
Hidrógeno gaseoso, frío	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Las notas continúan en la página siguiente

- En ausencia de oxígeno.
- 125° máximo.
- Todos los porcentajes; 70°.
- Hasta ebullición.
- 5% a temperatura ambiente.
- Hasta 122°.
- El hierro y el acero pueden oxidarse considerablemente en presencia de agua y aire.
- Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por las normas; el latón amarillo es aceptable.
- Hastelloy "C" se recomienda hasta 105°.
- Cuando el color no es importante. No usar con ácido c.p.
- De temperatura ambiente a 212°. La humedad inhibe el ataque.
- Gas; 70°.
- Hasta 500°.
- Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
- De temperatura ambiente hasta 158°.
- A temperatura ambiente.
- Cuando no es objetable la decoloración.
- 5% máximo; 150° máximo.
- Satisfactorio para vapores hasta 212°.

Tabla 7.2: Resistencia química de los materiales (1/2).

RESISTENCIA QUIMICA DE LOS METALES

Clasificación por resistencia: A = Bueno; F = Regular; C = Precaución, depende de las condiciones; X = No se recomienda.

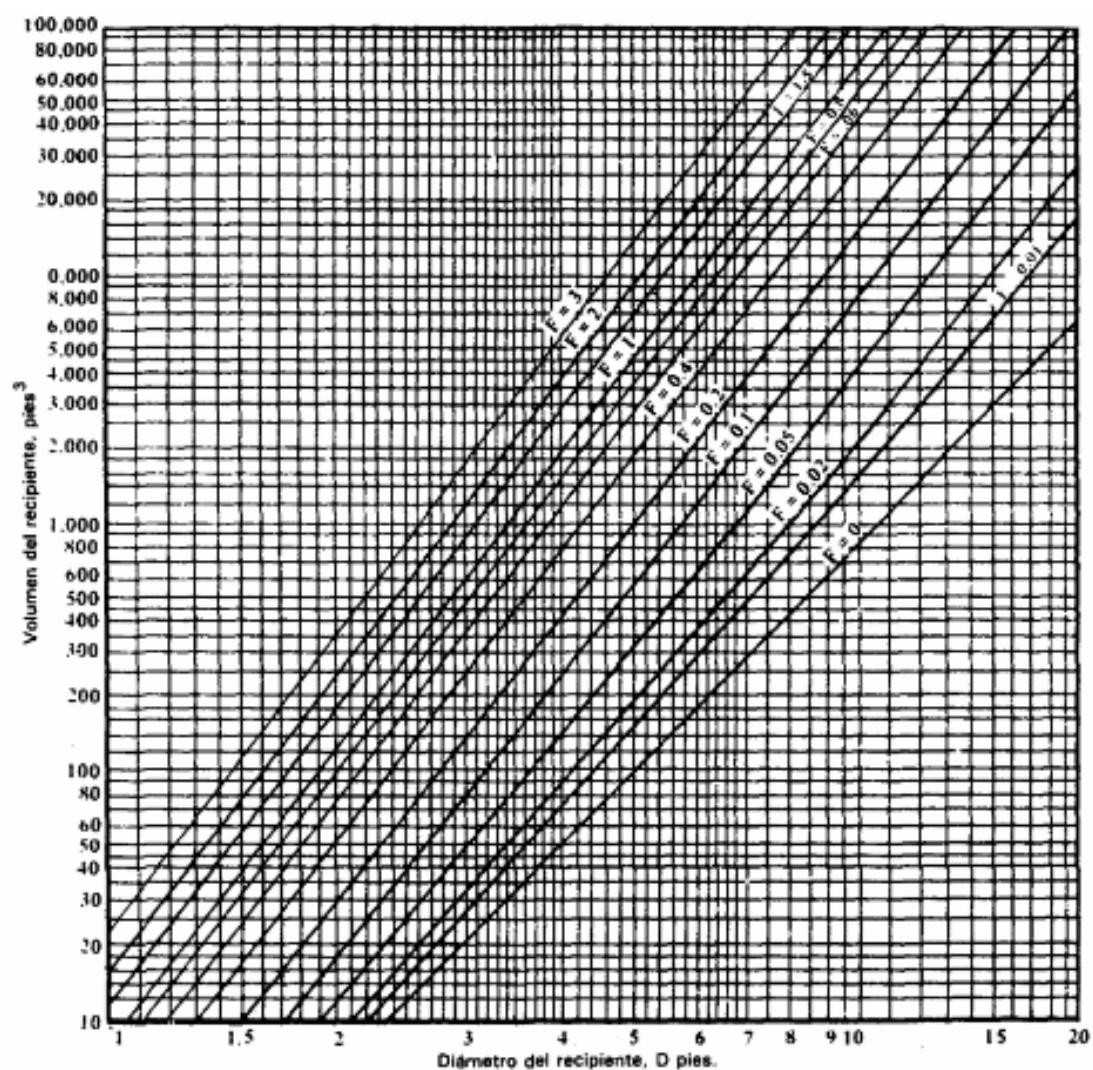
Precaución: No utilice la tabla sin leer las notas de pie de página y el texto.

Sustancia	Hierro y acero	Latón rojo	Bronce comercial	Plomo	Cobre	Aluminio	Níquel	Inconel	Metal Monel	Ac. Inox. Tipo 304	Ac. Inox. Tipo 316	Ac. Inox. Tipo 347	Ac. Inox. Carpenter "20"	Hastelloy "B" o "C"
Peróxido de hidrógeno	C	C	F	C	C	C	C	C	C	A	A	C	A	A
Sulfuro de hidrógeno, seco (20)	A	X	X	-	X	A	C	C	C	C	A	A	A	A
Húmedo	C	X	X	-	X	A	C	C	C	C	A	A	A	A
Lacas (solventes)	C	C	C	A	C	F	C	C	C	C	A	A	A	A
Acido láctico	X	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aceites lubricantes, refinados	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de magnesio	F	F	F	X	F	F	A ₂₁	A ₂₁	A ₂₁	C	C	C	A	A ₁₅
Hidróxido de magnesio	A	C	C	-	X	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de magnesio	C	A	-	-	A	C	A	A	A	A	A	-	-	-
Mercurio	A	X	X	-	X	X	A	-	A	A	A	-	-	-
Gas natural	A	C	C	A	C	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido nítrico, crudo	X	X	X	X	X	A ₂₂	X	C	X	A	A	A	A	C ₂₃
diluido	X	X	X	X	X	A ₂₂	X	X	X	A	A	A	A	-
concentrado	X	X	X	X	X	A ₂₂	X	X	X	A	A	A	A	A ₁₆
Acido oleico	C	A	A ₂₄	X	C ₂₅	A ₁₈	A	A	A	A	A	A	A	A
Acido oxálico	C	A	A	X	C	C	F	A	A	C	A	C	A	A
Acido palmítico	C	C	A ₂₄	C	C ₂₅	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Aceites de petróleo, < 500°F - crudo	A	C	C	A	C	A	C	A	C	C	F	-	A	A
Acido fosfórico	C	C	C ₂₄	C	C ₂₅	X	C	C	C	C	F	A	A ₁₆	A
Hidróxido de potasio	C	X	X	X	X	A	A	A	A	A	F	-	-	A
Sulfato de potasio	C	A	-	A	A	A	A	A	A	F	F	-	-	A ₁₆
Propano	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Gas de cloacas	C	X	X	A	C	A	C	A	C	A	A	A	A	A
Ceniza de sosa (carbonato de sodio)	A	F	F	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Bisulfato de sodio	X	F	F	A	F	C	-	-	-	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	F	F	F	A	C	C	A ₂₅	A ₂₅	A ₂₅	C	C	-	A	A
Cianuro de sodio	A	X	X	X	X	X	C	-	C	C	-	A	A	A
Hidróxido de sodio	A	C	F	F	C	X	A	A	A	A	A	A	A	A
Hipoclorito de sodio	X	C	F	X	C	X	C	C	C	C	C	C	F	A ₆

Las notas continúan en la página siguiente

- En ausencia de oxígeno.
- 125° máximo.
- Todos los porcentajes; 70°.
- Hasta ebullición.
- 5% temperatura ambiente.
- Hasta 122°.
- El hierro y el acero pueden oxidarse considerablemente en presencia de agua y aire.
- Las aleaciones de alto contenido de cobre están prohibidas por las normas; latón amarillo aceptable.
- Se recomienda Hastelloy "C" hasta 105°.
- Cuando no es importante el color. No usar con ácido c.p.
- Temperatura ambiente hasta 212°. La humedad inhibe el ataque.
- Gas; 70°.
- Hasta 500°.
- Hastelloy "C" a temperatura ambiente.
- De temperatura ambiente hasta 158°.
- A temperatura ambiente.
- Cuando no es objetable la decoloración.
- 5% máximo; 150° máximo.
- Satisfactorio para vapores hasta 212°.

Tabla 7.3: Resistencia química de los materiales (2/2).



**GRAFICA PARA DETERMINAR EL TAMAÑO OPTIMO DEL
RECIPIENTE**

Figura 7.1: Gráfica para determinar el tamaño óptimo del recipiente.

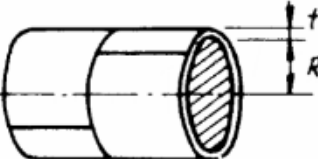
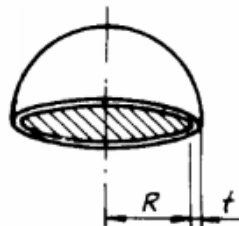
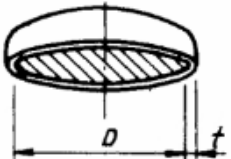
PRESION INTERNA		
FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES		
<p> P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg² S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159 E = Eficiencia de la junta, página 142 R = Radio interior, pulgadas D = Diámetro interior, pulgadas t = Espesor de pared, pulgadas C.A. = Margen por corrosión, pulgadas </p>		
A 	CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹	
	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior. 2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2. 	
B 	ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO	
	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza. 2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas. 	
C 	CABEZA ELIPSOIDAL 2:1	
	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas. 	

Figura 7.2: Fórmulas para el cálculo del espesor y la presión en la virola y las cabezas.

E

CABEZA ASME BRIDADA Y ALABEADA (CABEZA TORISFERICA)

Cuando $L/r = 16 \frac{2}{3}$

$$t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$$

$$P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$$

Cuando L/r menor de $16 \frac{2}{3}$

$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$$

$$P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$$

VALORES DEL FACTOR "M"

L/r	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39
L/r	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.5	*
M	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	

* LA MAXIMA RAZON PERMITIDA ES: $L = D + 2t$ (véase la nota 2 de la página opuesta)

Figura 7.3: Formulas y valores de factor "M" para las cabezas.

DIMENSIONES DE LAS CABEZAS

HEMISFERICA

ELIPSOIDAL

SIMBOLOS USADOS EN LAS TABLAS

D = diámetro interior de las cabezas hemisféricas y elipsoidales, diámetro exterior de las cabezas ASME bridadas y alabeadas.

h = profundidad interior del alabeamiento.

$L(R)$ = radio interior del alabeamiento de las cabezas ASME bridadas y alabeadas como se usa en las fórmulas para presión interna o externa.

M = factor que se utiliza en las fórmulas para presión interna.

r = radio interior de la corona de las cabezas ASME bridadas y alabeadas.

t = espesor de pared, nominal o mínimo.

ASME BRIDADA Y ALABEADA TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN PULGADAS

DIMENSIONES DE LAS CABEZAS

TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS

DIAMETRO, D	VER PAGINA 325	ESPESOR DE PARED								
		3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8
72	L (R)	72	72	72	72	66	66	66	66	66
	r	4.375	4.375	4.375	4.375	4.375	4.375	4.375	4.375	4.375
	h	12.000	11.938	11.875	11.875	12.625	12.500	12.438	12.375	12.313
	M	1.77	1.77	1.77	1.77	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
78	L (R)	78	72	72	72	72	72	72	72	72
	r	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750	4.750
	h	13.000	13.813	13.750	13.688	13.563	13.500	13.438	13.375	13.313
	M	1.77	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
84	L (R)	84	84	84	84	84	84	78	78	78
	r	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125	5.125
	h	14.000	13.938	13.875	13.813	13.750	13.688	14.438	14.375	14.313
	M	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.72	1.72	1.72
90	L (R)	90	84	84	84	84	84	84	84	84
	r	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500
	h	15.125	15.813	15.750	15.688	15.625	15.563	15.500	15.438	15.313
	M	1.77	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
96	L (R)	96	90	90	90	90	90	90	90	84
	r	5.875	5.875	5.875	5.875	5.875	5.875	5.875	5.875	5.875
	h	16.125	16.875	16.813	16.750	16.625	16.563	16.500	16.438	17.313
	M	1.77	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72

Figura 7.4: Dimensiones de las cabezas.

VOLUMEN DE CASCOS Y CABEZAS								
D.I. del recipien- te, pulg	CABECERA ASME B y C.*				CABEZA HEMIS. *			
	Pies cúbicos	Gal.	Barriles	Peso del agua, lb	Pies cúbicos	Gal.	Barriles	Peso del agua, lb
12	0.08	0.58	0.01	4.83	0.26	1.96	0.05	16.34
14	0.12	0.94	0.02	7.83	0.42	3.11	0.07	25.95
16	0.19	1.45	0.03	12.08	0.62	4.64	0.11	38.74
18	0.27	2.04	0.05	17.00	0.88	6.61	0.16	55.16
20	0.37	2.80	0.07	28.33	1.21	9.07	0.22	75.66
22	0.50	3.78	0.09	31.49	1.61	12.07	0.29	100.7
24	0.65	4.86	0.12	40.49	2.09	15.67	0.37	130.7
26	0.82	6.14	0.15	51.15	2.66	19.92	0.47	166.2
28	1.10	8.21	0.20	68.40	3.33	24.88	0.59	207.6
30	1.30	9.70	0.23	80.81	4.09	30.60	0.73	255.4
32	1.64	12.30	0.29	102.5	4.96	37.14	0.88	309.9
34	1.88	14.10	0.34	117.5	5.95	44.54	1.06	371.7
36	2.15	16.10	0.38	134.1	7.07	52.88	1.26	441.2
38	2.75	20.60	0.49	171.6	8.31	62.19	1.48	519.0
40	3.07	23.00	0.55	191.6	9.70	72.53	1.73	605.3
42	3.68	27.50	0.65	229.1	11.22	83.97	2.00	700.7
48	5.12	38.30	0.91	319.1	16.76	125.3	2.98	1046
54	7.30	54.60	1.30	454.9	23.86	178.5	4.25	1489
60	10.08	75.40	1.80	628.2	32.73	244.8	5.83	2043
66	13.54	101	2.41	843.9	43.56	325.8	7.76	2719
72	17.65	132	3.14	1100	56.55	423.0	10.07	3530
78	22.32	167	3.98	1391	71.90	537.8	12.80	4488
84	28.47	213	5.07	1775	89.80	671.7	16.00	5606
90	35.56	266	6.33	2216	110.4	826.2	19.67	6895
96	42.51	318	7.57	2649	134.0	1003	23.87	8368
102	52.14	390	9.29	3249	160.8	1203	28.63	10037
108	60.96	456	10.86	3799	190.9	1428	34.00	11914
114	73.66	551	13.12	4590	224.5	1679	39.98	14012
120	84.35	631	15.02	5257	261.8	1958	46.63	16343
126	97.32	728	17.33	6065	303.1	2267	53.98	18919
132	108.7	813	19.36	6773	348.5	2607	62.06	21752
138	127.0	950	22.62	7915	398.2	2978	70.91	24856
144	147.9	1106	26.33	9214	452.4	3384	80.57	28241
*No está incluido en volumen comprendido dentro de la brida plana.								

Tabla 7.4: Volumen de cascos y cabezas.

PESO DE CASCOS Y CABEZAS										
DIAM. DEL RECI- PIENTE	ESPESOR DE PARED									
	3/4"					13/16"				
	CASCO		CABEZA			CASCO		CABEZA		
	D. I.	D. E.	ELIP	B Y C	HEMIS	D. I.	D. E.	ELIP	B Y C	HEMIS
12	102	90	70	48	67	111	97	76	53	73
14	118	106	88	60	90	128	114	95	67	98
16	134	122	104	74	116	146	132	113	82	126
18	150	138	126	92	145	163	149	136	100	158
20	166	154	145	108	177	180	166	157	117	193
22	182	170	171	126	213	198	184	185	137	232
24	198	186	193	145	252	215	201	209	160	275
26	214	202	216	165	295	233	219	234	182	321
28	230	218	241	187	340	250	236	261	412	370
30	246	234	274	216	389	267	253	304	234	423
32	262	250	309	241	442	285	271	335	261	480
34	278	266	345	267	497	302	288	378	289	541
36	294	282	393	294	556	319	305	425	323	605
38	310	298	425	330	618	337	323	470	357	672
40	326	314	469	361	684	354	340	508	391	743
42	342	330	514	393	753	371	357	567	425	818
48	390	378	662	505	979	423	409	729	547	1063
54	438	426	829	631	1234	475	461	911	683	1340
60	486	474	1015	772	1520	527	513	1107	836	1650
66	534	522	1220	926	1835	579	565	1337	1003	1991
72	582	570	1443	1095	2179	631	617	1564	1186	2365
78	630	618	1685	1277	2554	683	669	1835	1384	2771
84	678	666	1947	1475	2958	735	721	2120	1597	3209
90	726	714	2226	1685	3391	788	774	2433	1825	3679
96	775	763	2525	1911	3855	840	826	2757	2070	4181
102	823	811	2842	2150	4348	892	878	3103	2329	4716
108	871	859	3178	2403	4870	944	930	3457	2603	5282
114	919	907	3533	2671	5422	996	982	3854	2893	5881
120	967	955	3856	2952	6004	1048	1034	4204	3198	6511
126	1015	1003	4243	3248	6616	1100	1086	4614	3518	7174
132	1063	1051	4655	3558	7257	1152	1138	5059	3854	7869
138	1111	1099	5082	3881	7928	1204	1190	5522	4205	8596
144	1159	1147	5650	4219	8628	1256	1242	6067	4571	9356

Tabla 7.5: Peso de cascos y cabezas (1/2).

PESO DE CASCOS Y CABEZAS										
DIAM. DEL RECI- PIENTE	ESPEJOR DE PARED									
	1-1/4"					1-5/16"				
	CASCO		CABEZA			CASCO		CABEZA		
	D. I.	D. E.	ELIP.	B Y C	HEMIS	D. I.	D. E.	ELIP.	B Y C	HEMIS
12	177	144	122	105	120	187	150	129	112	127
14	204	171	154	129	160	215	178	161	138	169
16	230	197	181	154	204	243	206	193	165	216
18	257	224	217	181	254	271	234	228	193	269
20	284	251	250	210	310	299	262	267	225	327
22	311	278	292	242	371	327	290	307	258	392
24	337	304	331	284	438	355	318	347	303	462
26	364	331	371	322	510	383	346	390	343	538
28	391	358	412	360	587	411	374	439	384	619
30	417	384	467	402	670	439	402	497	428	707
32	444	411	526	446	759	467	430	559	474	800
34	471	438	589	490	853	495	458	625	521	899
36	497	464	667	551	952	523	486	700	585	1003
38	524	491	724	601	1057	552	515	768	638	1113
40	551	518	796	654	1168	580	543	844	694	1230
42	578	545	872	710	1284	608	571	924	753	1352
48	658	625	1121	904	1665	692	655	1187	958	1752
54	738	705	1401	1104	2095	776	739	1482	1169	2205
60	818	785	1714	1343	2575	860	823	1812	1421	2709
66	898	865	2057	1606	3104	944	907	2173	1734	3265
72	979	945	2432	1893	3683	1029	991	2567	1988	3873
78	1059	1025	2837	2204	4311	1113	1075	2994	2314	4533
84	1139	1105	3275	2537	4988	1197	1159	3455	2664	5245
90	1219	1185	3742	2894	5715	1281	1243	3947	3039	6009
96	1299	1265	4242	3274	6491	1365	1328	4473	3438	6824
102	1379	1346	4774	3678	7317	1449	1418	5032	3862	7692
108	1459	1426	5336	4106	8192	1533	1496	5623	4311	8611
114	1539	1506	5929	4558	9116	1617	1580	6248	4786	9582
120	1619	1586	6469	5032	10090	1701	1664	6815	5283	10606
126	1700	1666	7121	5530	11113	1786	1748	7501	5807	11681
132	1780	1746	7804	6051	12186	1870	1832	8220	6354	12808
138	1860	1826	8519	6596	13308	1954	1916	8971	6926	13986
144	1940	1906	9264	7165	14480	2038	2000	9755	7524	15217

Tabla 7.6: Peso de cascos y cabezas (2/2).

REGISTROS DE INSPECCION

Todos los recipientes sujetos a presión que contendrán aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna, erosión o abrasión mecánica, deben proveerse de un registro para hombre, un registro para la mano u otras aberturas de inspección para ser revisados y limpiados. Los registros de inspección que aparecen en la tabla siguiente se han seleccionado de las opciones permitidas por el Código, UG-46, en vista de que se estiman como las más económicas.

DIAMETRO INTERIOR DEL RECIPIENTE	REGISTRO DE INSPECCION REQUERIDO	NO SE REQUIEREN REGISTROS DE INSPECCION:
mayor de 12 pulg y menor de 18 pulg	dos aberturas con tubo roscado de 1½ pulg de diámetro	1. En recipientes de 12 pulg de diámetro o menores, si tienen por lo menos dos conexiones removibles para tubo de ¾ de pulg como mínimo. 2. En recipientes de más de 12 pulg pero menos de 16 pulg de diámetro interior que se van a instalar de manera que puedan desconectarse de un arreglo para permitir su inspección, si tienen por lo menos dos conexiones para tubo removibles no menores de 1½ pulg. UG-46(e).
18 pulg a 36 pulg inclusive	registro de hombre con un mínimo de 15 pulg de D.I. o dos aberturas con tubo roscado de 2 pulg de diámetro	3. En recipientes de más de 12 pulg de diámetro interior sujetos a presión interna de aire que también contengan otras sustancias que impidan la corrosión, siempre que el recipiente tenga aberturas adecuadas por las que pueda hacerse convenientemente su inspección, y que dichas aberturas sean equivalentes en cuanto a tamaño y número a las indicadas en la tabla. UG-46(c).
Mayor de 36 pulg	registro de hombre con un mínimo de 15 pulg de D.I. o dos boquillas con tubo de 6 pulg de diám.	4. En recipientes (no mayores de 36 pulg de D.I.) provistos de agujeros de aviso (como mínimo un agujero por cada 10 pies²) que cumplan con las disposiciones de la norma UG-25, que estén sometidos sólo a corrosión y que no sean para uso con aire comprimido. UG-46(b).

La ubicación preferible de las aberturas de inspección pequeñas es en cada cabeza o cerca de cada cabeza.

En lugar de dos aberturas pequeñas puede tenerse una sola abertura, siempre que sea de tamaño tal y esté ubicada en tal forma que permita por lo menos tener una visión igual del interior.

El aire comprimido que se considera aquí no comprende al aire del que se ha eliminado la humedad al grado de tener un punto de rocío a presión atmosférica de -50°F o menor. La especificación que da el fabricante debe incluir la advertencia "para servicio no corrosivo" y el número de párrafo del código cuando no se incluyen aberturas de inspección.

ESPESOR DEL CUELLO DE UNA BOQUILLA

El espesor de pared del cuello de una tobera u otra conexión que se utilice como abertura de acceso o de inspección no debe ser menor que el espesor calculado para las cargas que soporta, más el margen por corrosión.

Figura 7.7: Requisitos de la boca de hombre de los recipientes a presión.

MAXIMA PRESION INTERNA PERMITIDA DE OPERACION PARA TUBOS

Los cálculos se basan en la fórmula:

$$P = \frac{2SEt}{D + 1.2t} \quad , \text{ donde}$$

P = Máxima presión permitida de operación, lb/pulg² manométricas.

S = 15 000 lb/pulg² manométricas, valor del esfuerzo de los materiales que se utilizan más comúnmente para tubos (A53B, A106B) a temperaturas de -20 a 650°F. Para temperaturas mayores, véanse las notas al final de las tablas.

E = 1.0, eficiencia de la junta del tubo sin costura.

D = Diámetro interior del tubo, pulg.

t = Espesor mínimo de la pared del tubo, pulg (0.875 por el espesor nominal).

Los valores subrayados corresponden a la máxima presión permitida para el tubo bajo condiciones de corrosión, cuyo espesor de pared sea el espesor mínimo del tubo de pared estándar más el margen por corrosión.

DIAM. NOM. DEL TUBO	DESIG- NACION	ESPESOR DE LA PARED DEL TUBO		MARGEN POR CORROSION, EN PULG				
		NOM.	MIN.	O	1/16	1/8	3/16	1/4
				Máxima presión permitida, lb/pulg ² man.				
1/2	Est.	0.109	0.095	<u>3730</u>	1198			
	Reforzado	0.147	0.129	5252	2534	143		
	Céd. 160	0.187	0.164	6941	<u>4013</u>	1447		
	Doblemente ref.	0.294	0.257	12153	8526	5392	2658	252
3/4	Est.	0.113	0.099	<u>3059</u>	1072			
	Reforzado	0.154	0.135	4299	2192	288		
	Céd. 160	0.218	0.191	6386	<u>4069</u>	1985	100	
	Doblemente ref.	0.308	0.270	9712	7041	<u>4657</u>	2515	580
1	Est.	0.133	0.116	<u>2847</u>	1261			
	Reforzado	0.179	0.154	3959	2287	744		
	Céd. 160	0.250	0.219	5764	<u>3946</u>	2274	732	
	Doblemente ref.	0.358	0.313	8820	7423	<u>4842</u>	<u>3099</u>	1494
1-1/4	Est.	0.140	0.123	<u>2362</u>	1126			
	Reforzado	0.191	0.167	3282	1988	774		
	Cédula 160	0.250	0.219	4424	<u>3059</u>	1779	578	
	Doblemente ref.	0.382	0.334	7194	5645	<u>4200</u>	<u>2848</u>	1582
1-1/2	Est.	0.145	0.127	<u>2118</u>	1046	31		
	Reforzado	0.200	0.175	2982	1864	806		
	Cédula 160	0.281	0.246	4333	<u>3139</u>	2013	947	
	Doblemente ref.	0.400	0.350	6481	5164	3924	2754	1648
2	Est.	0.154	0.135	<u>1786</u>	938	126		
	Reforzado	0.218	0.191	2578	1696	852	44	
	Cédula 160	0.343	0.300	4215	<u>3260</u>	<u>2348</u>	1477	642
	Doblemente ref.	0.436	0.382	5537	4522	3553	<u>2629</u>	1744

Tabla 7.6: Máxima presión interna permitida de operación para tubos (1/3).

MAXIMA PRESION PERMITIDA DE OPERACION (cont.)								
DIAM. NOM. DEL TUBO	DESIG- NACION	ESPESOR DE LA PARED DEL TUBO		MARGEN POR CORROSION EN PULGADAS				
		NOM.	MIN.	O	1/16	1/8	3/16	1/4
				Máxima presión permitida, lb/pulg ² man.				
2½	Est.	0.203	0.178	<u>1954</u>	1245	561		
	Reforzado	0.276	0.242	2707	<u>1971</u>	1261	577	
	Céd. 160	0.375	0.328	3766	2991	<u>2245</u>	1525	831
	Doblemente ref.	0.552	0.483	5822	4969	4148	<u>3359</u>	<u>2599</u>
3	Est.	0.216	0.189	<u>1693</u>	1116	556	12	
	Reforzado	0.300	0.263	2398	<u>1801</u>	1221	658	111
	Cédula 160	0.438	0.383	3597	2964	<u>2350</u>	<u>1754</u>	<u>1175</u>
	Doblemente ref.	0.600	0.525	5113	4432	3773	3134	2515
3½	Est.	0.226	0.198	<u>1546</u>	1044	555	78	
	Reforzado	0.318	0.278	2207	<u>1689</u>	1183	691	211
	Doblemente ref.	0.636	0.557	4701	4115	<u>3546</u>	<u>2992</u>	<u>1937</u>
4	Est.	0.237	0.208	<u>1439</u>	995	561	137	
	Reforzado	0.337	0.295	2075	<u>1616</u>	1168	730	280
	Céd. 120	0.438	0.383	2739	2265	<u>1802</u>	1350	908
	Céd. 160	0.531	0.465	3379	2890	2412	<u>1946</u>	<u>1490</u>
	Doblemente ref.	0.674	0.590	4394	3880	3379	2890	2412
5	Est.	0.258	0.226	<u>1259</u>	902	552	208	
	Reforzado	0.375	0.328	1856	<u>1488</u>	1127	773	425
	Céd. 120	0.500	0.438	2520	2140	<u>1767</u>	<u>1401</u>	1042
	Céd. 160	0.625	0.547	3201	2808	2422	2044	<u>1673</u>
	Doblemente ref.	0.750	0.656	3906	3499	3100	2709	2325
6	Est.	0.280	0.245	<u>1143</u>	845	551	262	
	Reforzado	0.432	0.378	1793	<u>1485</u>	1181	882	588
	Céd. 120	0.562	0.492	2368	2051	1738	<u>1431</u>	<u>1128</u>
	Céd. 160	0.718	0.628	3077	2748	2425	2106	1793
	Doblemente ref.	0.864	0.756	3767	3427	3093	2764	2440
8	Céd. 20	0.250	0.219	777	552	329	113	
	Céd. 30	0.277	0.242	861	634	411	190	
	Est.	0.322	0.282	<u>1007</u>	779	554	331	111
	Céd. 60	0.406	0.355	1276	<u>1045</u>	817	591	368
	Reforzado	0.500	0.438	1587	1353	<u>1121</u>	892	665
	Céd. 100	0.593	0.519	1896	1658	1422	<u>1189</u>	959
	Céd. 120	0.718	0.628	2319	2075	1835	1597	<u>1362</u>

Tabla 7.7: Máxima presión interna permitida de operación para tubos (2/3).

MAXIMA PRESION PERMITIDA DE OPERACION (cont.)								
DIAM. NOM. DEL TUBO	DESIG- NACION	ESPESOR DE LA PARED DEL TUBO		MARGEN POR CORROSION, EN PULG				
		NOM.	MIN.	0	1/16	1/8	3/16	1/4
				Máxima presión permitida, lb/pulg ² man.				
14	Céd. 160	1.406	1.230	2834	2680	2527	2375	2224
16	Céd. 10	0.250	0.219	415	295	166	57	
	Céd. 20	0.312	0.273	518	398	279	161	43
	Est. Céd. 30	0.375	0.328	<u>625</u>	504	384	265	146
	Céd. 40 ref.	0.500	0.438	839	<u>717</u>	596	475	355
	Céd. 60	0.656	0.574	1108	984	<u>861</u>	<u>738</u>	617
	Céd. 80	0.843	0.738	1436	1310	1185	1061	<u>937</u>
	Céd. 100	1.031	0.902	1771	1643	1515	1389	1263
	Céd. 120	1.218	1.066	2111	1980	1851	1722	1595
	Céd. 140	1.438	1.258	2517	2384	2251	2120	1990
	Céd. 160	1.593	1.394	2809	2674	2540	2407	2275
18	Céd. 10	0.250	0.219	368	262	157	54	
	Céd. 20	0.312	0.273	460	354	248	143	38
	Est.	0.375	0.328	<u>554</u>	447	341	235	130
	Céd. 30	0.438	0.383	649	541	434	328	222
	Ref.	0.500	0.438	744	<u>636</u>	529	422	315
	Céd. 40	0.562	0.492	838	729	<u>621</u>	514	407
	Céd. 60	0.750	0.656	1129	1015	906	<u>797</u>	<u>689</u>
	Céd. 80	0.937	0.820	1418	1306	1195	1084	974
	Céd. 100	1.156	1.012	1766	1652	1539	1426	1314
	Céd. 120	1.375	1.203	2118	2002	1887	1772	1658
	Céd. 140	1.562	1.367	2425	2308	2190	2074	1958
	Céd. 160	1.781	1.558	2789	2669	2550	2432	2314
20	Céd. 10	0.250	0.219	331	231	141	48	
	Céd. 20. Est.	0.375	0.328	<u>498</u>	402	306	211	117
	Céd. 30. Ref.	0.500	0.438	668	<u>571</u>	475	379	284
	Céd. 40	0.593	0.519	795	697	<u>600</u>	<u>503</u>	407
	Céd. 60	0.812	0.711	1097	998	900	802	<u>704</u>
	Céd. 80	1.031	0.902	1403	1303	1202	1103	1004
	Céd. 100	1.281	1.121	1760	1657	1555	1454	1353
	Céd. 120	1.500	1.313	2078	1974	1870	1767	1665
	Céd. 140	1.750	1.531	2446	2340	2234	2129	2025
	Céd. 160	1.968	1.722	2774	2666	2558	2452	2346

Tabla 7.8: Máxima presión interna permitida de operación para tubos (3/3).

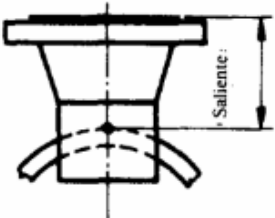
MINIMA EXTENSION SUGERIDA PARA LOS REGISTROS							
Las tablas dan el saliente mínimo aproximado de los registros. Cuando se use aislante o parche de refuerzo grueso puede ser necesario aumentar estas dimensiones.							
PARTE SALIENTE USANDO BRIDA DE CUELLO SOLDABLE							
	DIAM. NOMI- NAL DEL TUBO	PRESION NOMINAL DE LA BRIDA, lb					
		150	300	600	900	1500	2500
2		6	6	6	8	8	8
3		6	6	8	8	8	10
4		6	8	8	8	8	12
6		8	8	8	10	10	14
8		8	8	10	10	12	16
10		8	8	10	12	14	20
12		8	8	10	12	16	22
14		8	10	10	14	16	
16		8	10	10	14	16	
18		10	10	12	14	18	
20		10	10	12	14	18	
24		10	10	12	14	20	

Figura 7.9: Extensión de los registros.

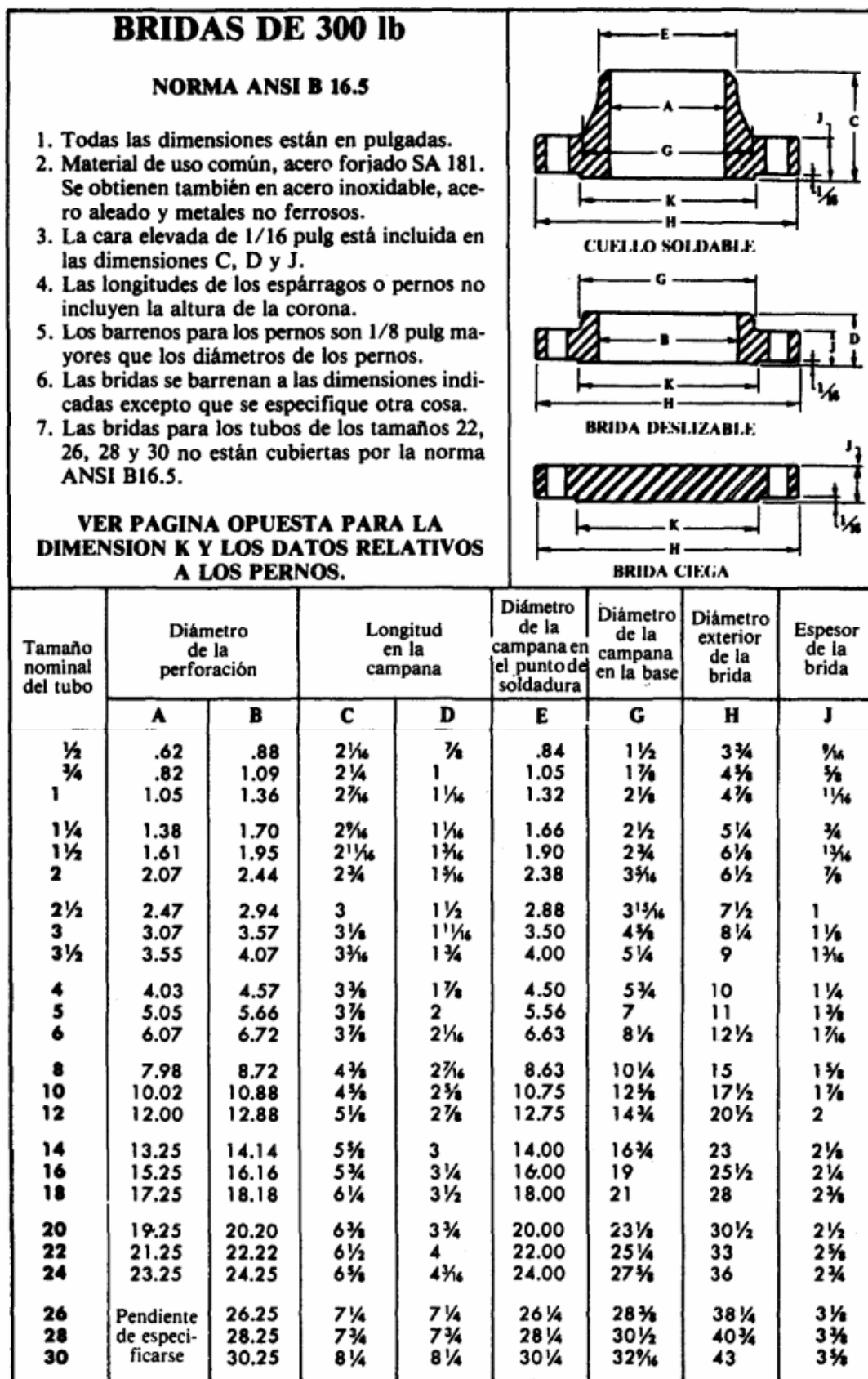


Figura 7.10: Dimensiones bridas.

PESO DE BRIDAS										
TAM. NOMINAL DEL TUBO	150 lb					300 lb				
	DESLI- ZABLE	DE CUELLO SOLDA- BLE	DE CUELLO SOLDA- BLE LARGO	CIEGA	DE ESPA- RRAGOS	DESLI- ZABLE	DE CUELLO SOLDA- BLE	DE CUELLO SOLDA- BLE LARGO	CIEGA	DE ESPA- RRAGOS
½	1.0	2.0		2.0	1.0	1.5	2.0		2.0	1.0
¾	1.5	2.0		2.0	1.0	2.5	3.0		3.0	2.0
1	2.0	2.5	8.0	2.0	1.0	3.0	4.0	10.0	4.0	2.0
1¼	2.5	2.5	10.0	3.0	1.0	4.5	5.0	14.0	6.0	2.0
1½	3.0	4.0	12.0	3.0	1.0	6.5	7.0	17.0	7.0	3.5
2	5.0	6.0	16.0	4.0	1.5	7.0	8.0	19.0	8.0	4.0
2½	8.0	10.0	21.0	7.0	1.5	10.0	12.0	28.0	12.0	7.0
3	9.0	11.5	24.0	9.0	1.5	13.0	16.0	36.0	16.0	7.5
3½	11.0	12.0	31.0	13.0	3.5	16.0	20.0	45.0	21.0	7.5
4	12.0	16.0	47.0	17.0	4.0	21.0	25.0	54.0	27.0	7.5
5	13.0	20.0	57.0	20.0	6.0	26.0	34.0	86.0	35.0	8.0
6	18.0	24.0	77.0	26.0	6.0	35.0	45.0	108.0	50.0	11.5
8	28.0	42.0	103	45.0	6.5	54.0	70.0	150	81.0	18.0
10	37.0	55.0	150	70.0	15.0	77.0	99.0	218	127	38.0
12	60.0	85.0	215	110	15.0	110	142	289	184	49.0
14	77.0	114	221	131	22.0	164	186	342	236	62.0
16	93.0	142	254	170	31.0	220	246	426	307	83.0
18	120	155	278	209	41.0	280	305	493	390	101
20	155	170	324	272	52.0	325	378	575	492	105
22	159	224		333	69.0	433	429		594	157
24	210	260	439	411	71.0	490	545	823	754	174
26	248	270	470	498	93.6	552	615	870	950	239
30	319	375	600	681	112.0	779	858	1130	1403	307

Tabla 7.9: Peso de bridas.

Refuerzo en los registros DISEÑO PARA PRESION INTERNA

Los registros soldados, sencillos, no sujetos a fluctuaciones rápidas de presión, no requieren de refuerzo si no son mayores que:
el tamaño de un tubo de 3 pulg en un recipiente de pared 3/8 de pulg o menos
el tamaño de un tubo de 2 pulg en un recipiente de pared mayor de 3/8 de pulg (Norma UG-36 (c)(3))

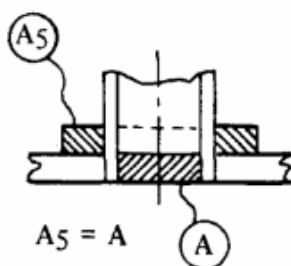


Fig. A

Las aberturas mayores de las mencionadas deben reforzarse. Las reglas para el esfuerzo de aberturas están tomadas de la norma, UG-36 a UG-44, y se aplican primordialmente a aberturas que no excedan de las siguientes dimensiones:

Para recipientes de 60 pulg de diámetro y menores: la mitad del diámetro del recipiente, sin exceder de 20 pulg.

Para recipientes de más de 60 pulg de diámetro: un tercio del diámetro del recipiente, pero sin exceder de 40 pulg. A las aberturas mayores debe dárseles atención especial como se describe en el Apéndice al Código 1-7.

A continuación se da una explicación breve del diseño del refuerzo para entender mejor el procedimiento que se describe en las páginas siguientes.

El requisito básico es que en torno a la abertura, el recipiente debe reforzarse con una cantidad de metal igual a la que se quitó para hacer la abertura. El refuerzo puede formar parte del recipiente y de la boquilla en forma integral, o bien puede ser un parche adicional. (Figura A).

Sin embargo, esta regla sencilla necesita de consideraciones extras, de acuerdo con lo siguiente:

1. No es necesario reponer la cantidad total de metal que se eliminó, sino sólo la cantidad requerida para resistir la presión interna. (A). El espesor requerido del recipiente en las aberturas, generalmente es menor que en otros puntos del casco o la cabeza.
2. La placa que se emplea y el cuello de la boquilla son por lo general de mayor espesor que el que se requeriría por cálculo. Este exceso que hay en la pared del recipiente (A_1) y el que hay en la pared de la boquilla (A_2) sirven como refuerzo. De modo semejante pueden tomarse también como refuerzo la extensión interior de la abertura (A_3) y el área del metal de la soldadura (A_4).
3. El refuerzo debe estar comprendido dentro de ciertos límites.
4. El área del refuerzo debe aumentarse en forma proporcional si su valor de esfuerzo es más bajo que el de la pared del recipiente.
5. El requisito de área del refuerzo debe satisfacerse para todos los planos que pasen por el centro de la abertura y sean normales a la superficie del recipiente.

El área de sección transversal requerida para el esfuerzo será entonces:

El área requerida en el casco o la cabeza para resistir la presión interna, (A). De esta área se restan las áreas excedentes disponibles dentro del límite ($A_1 A_2 A_3 A_4$). Si la suma de las áreas disponibles para refuerzo ($A_1 + A_2 + A_3 + A_4$) es igual o mayor que el área que debe reponerse (A), la abertura está reforzada adecuadamente. De lo contrario debe complementarse la diferencia por un parche de refuerzo (A_5).

Algunos fabricantes siguen una práctica simple, usando parches de refuerzo con un área de sección transversal igual al área de metal que se eliminó para la abertura. Esto da origen a un exceso en el refuerzo, pero resulta más económico al prescindir de los cálculos.

Figura 7.11: Refuerzo en registros (1/2).

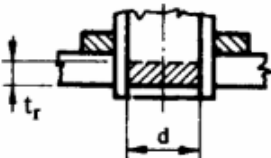
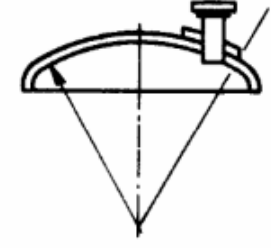
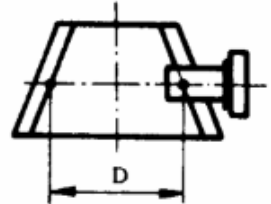
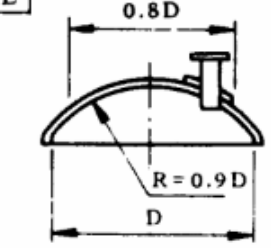
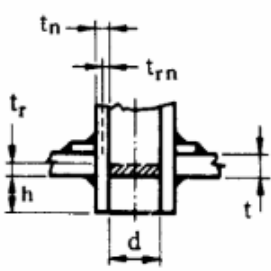
REFUERZO PARA ABERTURAS DISEÑO PARA PRESION INTERNA	
	1. AREA DE REFUERZO
	<p>El área total de la sección transversal, A, requerida para el refuerzo del registro, no debe ser menor que:</p> $A = d \times t_r, \text{ en donde}$ <p>d = diámetro interior del registro corroído, en pulgadas</p> <p>t_r = espesor requerido del casco o la cabeza calculado por las fórmulas aplicables, usando E = 1.0 cuando el registro está en placa sólida o en una junta de tipo B. Cuando el registro está a través de una junta soldada, E = eficiencia de tal junta. Cuando el registro está en un recipiente que no es examinado radiográficamente, E = 0.85 para una junta de tipo No. 1 y E = 0.80 para una junta de tipo No. 2.</p> <p>Cuando el registro y su refuerzo están por completo dentro de la porción esférica de una cabeza bridada y abombada, t_r es el espesor requerido por las fórmulas aplicables, utilizando M = 1.</p> <p>Cuando el registro y el refuerzo están en una cabeza elipsoidal de relación 2:1 y están ubicados completamente dentro de un círculo cuyo centro coincide con el de la cabeza y cuyo diámetro es igual a 0.8 veces al diámetro de la cabeza, t_r es el espesor requerido para la esfera sin costura con un radio igual a 0.9 veces el diámetro de la cabeza.</p> <p>Si el valor de esfuerzo del material del registro es menor que el del material del recipiente, el área requerida, A, debe aumentarse. (Ver la página 107 y los ejemplos.)</p>
	2. AREAS DISPONIBLES PARA REFUERZO <p>A₁ = Área del espesor excedente de la pared del recipiente (t-t_r)d o (t-t_r) (t_n + t) 2, pulg². Usar el valor mayor. Si el valor de esfuerzo del material de la abertura es menor que el del material del recipiente, el área, A₁, debe disminuirse (ver la página 107 y los ejemplos).</p> <p>A₂ = Área del espesor excedente de la pared de la boquilla (t_n-t_m) 5t o (t_n-t_m) 5t_n, pulg³. Usar el valor que sea menor.</p> <p>A₃ = Área de la extensión de la boquilla hacia el interior, en pulg², (t_n-c) 2h</p> <p>A₄ = Área de las soldaduras, pulg².</p> <p>Si la suma de A₁, A₂, A₃ y A₄ es menor que el área de refuerzo requerida A, debe aportarse la diferencia con un parche de refuerzo.</p>
	
	
	

Figura 7.12: Refuerzo en registros (2/2).

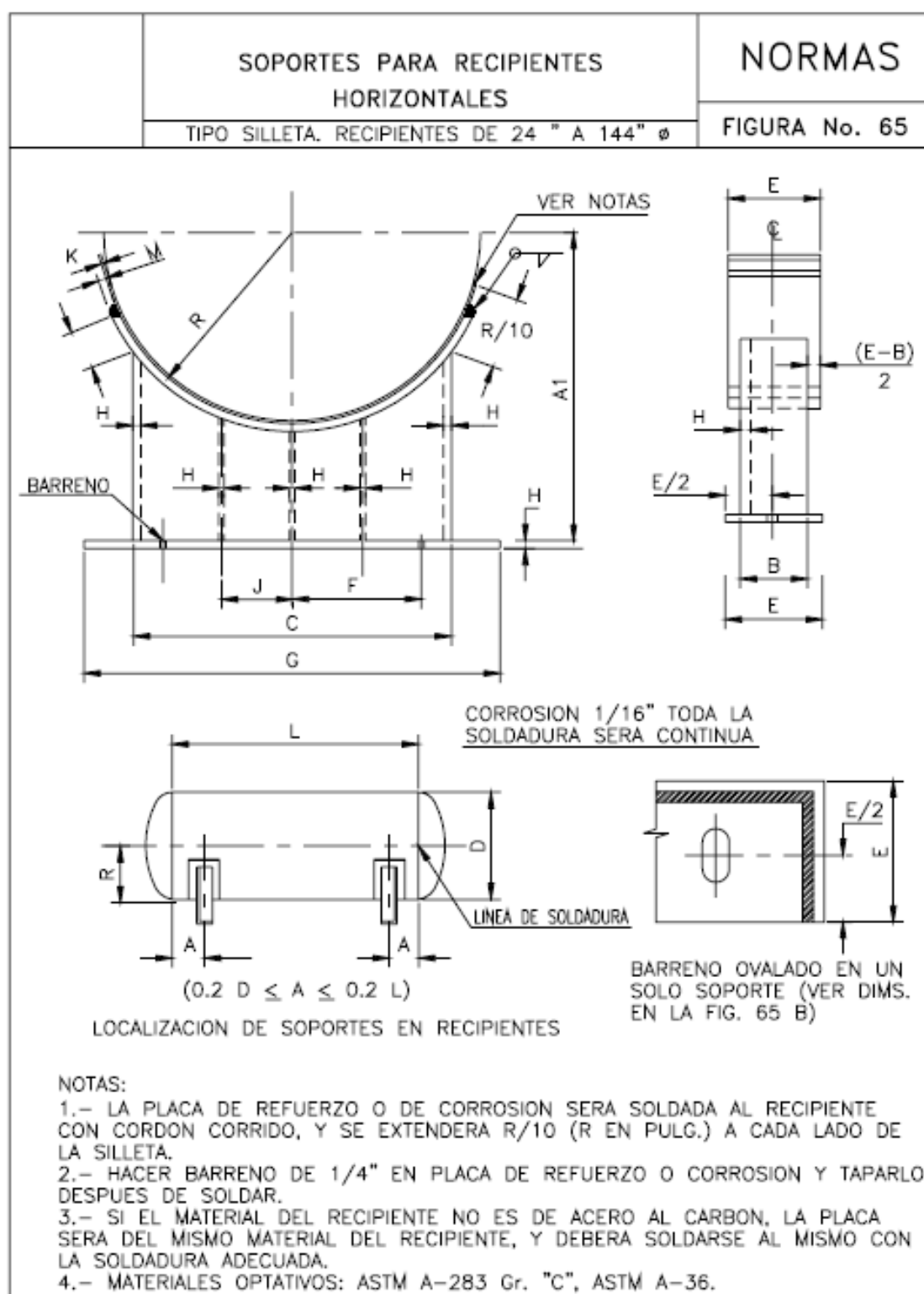


Figura 7.13: Identificación de parámetros de las silletas.

CARACTERÍSTICAS																	NORMAS	
TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS																	FIGURA No. 65	
DIAM. RECIPIENTE D	CARGA MÁXIMA SOPORTE kg	C A R A C T E R Í S T I C A S										PESO DE UN SOPORTE kg	CANTIDADES APERTURAS					
		A1	B	C	D	E	F	G	H	J	K			DIAMETRO SOPORTE	BARRIDO DINAMICO	FILTE DE SOLADURA		
24	3410	19	6	22	3/8	7	8	23	5/16	11	3/16	3/4	1	1x1-1/2	1/4	23	1	
30	4545	22	6	27	7/16	7	10-1/2	29	5/16	13-1/2	3/16	3/4	1	1x1-1/2	1/4	30	1	
36	6818	25	6	32	1/2	7	12-1/2	34	3/8	16	1/4	3/4	1	1x1-1/2	1/4	41	1	
42	9090	28	6	38	9/16	7	16	40	1/2	19	5/16	3/4	1	1x1-1/2	5/16	50	1	
48	18180	31	8	43	5/8	9	18	45	1/2	21-1/2	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	91	1	
54	22727	34	8	48	5/8	9	20	50	1/2	12	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	110	2	
60	27270	37	8	53	5/8	9	23	55	1/2	13	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	123	2	
66	34090	40	8	58	5/8	9	25	60	1/2	14	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	136	2	
72	38636	43	8	63	5/8	9	28	65	1/2	16	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	148	2	
78	45455	46	8	69	5/8	9	31	71	1/2	17	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	3/8	160	2	
84	68180	49	9	74	3/4	10	33	76	5/8	19	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	1/2	225	2	
90	79540	52	9	79	3/4	10	35	81	5/8	20	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8x3/4	1/2	250	2	
96	90900	55	9	84	3/4	10	37	86	5/8	21	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	270	2	
102	104540	58	9	90	3/4	10	40	92	5/8	23	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	295	2	
108	125000	61	10	95	3/4	11	42	97	5/8	24	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	320	2	
114	159100	64	10	100	3/4	11	44	102	5/8	25	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	345	2	
120	177270	67	10	105	3/4	11	46	107	5/8	26	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	365	2	
126	200000	70	10	110	3/4	11	48	112	5/8	28	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	385	2	
132	227270	73	10	116	3/4	11	51	118	5/8	29	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	410	2	
138	245450	76	10	121	3/4	11	53	123	5/8	30	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	430	2	
144	263600	79	10	126	3/4	11	55	128	5/8	32	1/2	1	1-1/4	1-1/4x2	1/2	455	2	

Tabla 7.10: Valores de los parámetros de las silletas.

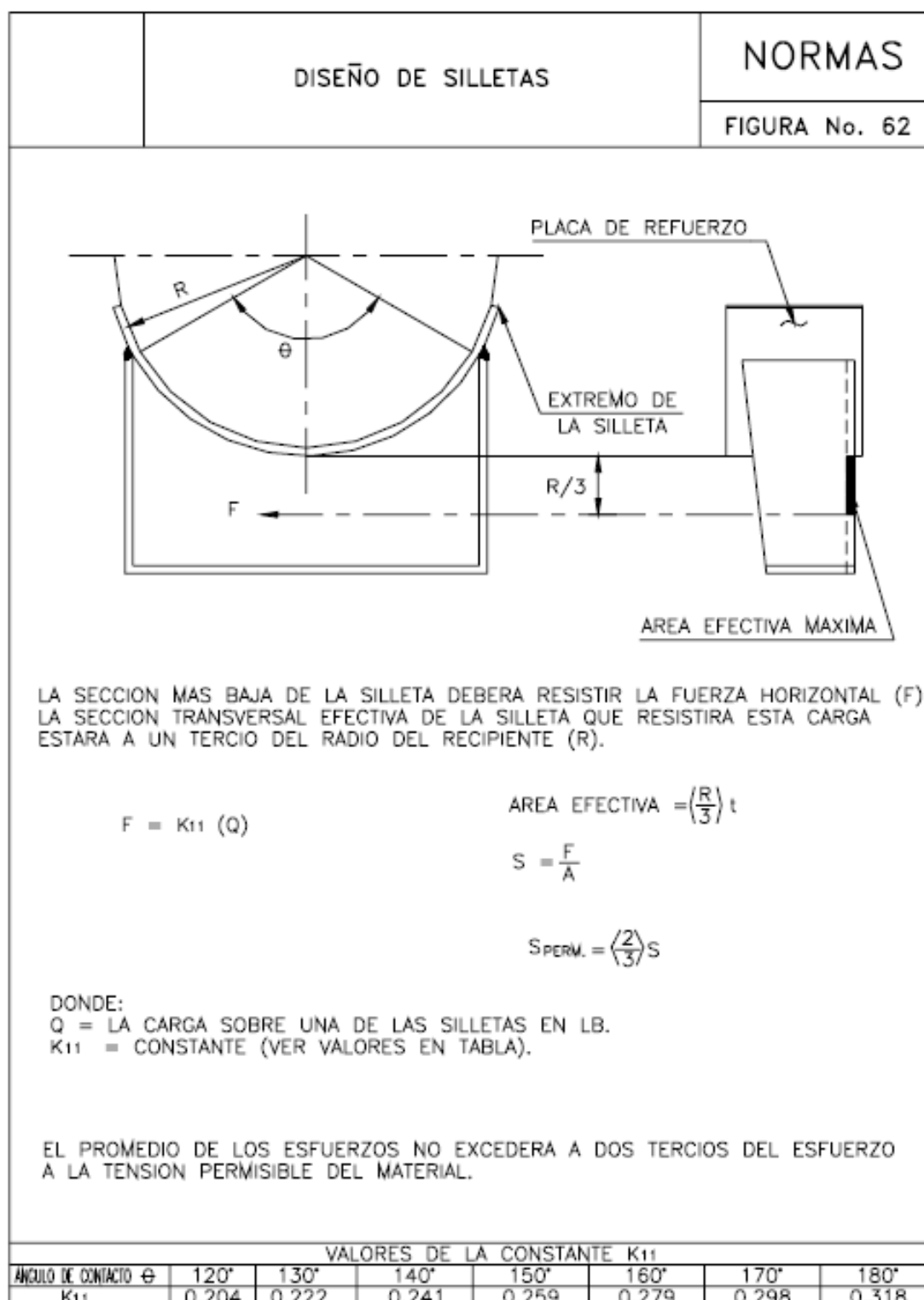


Figura 7.14: Esfuerzo permitido en las silletas.

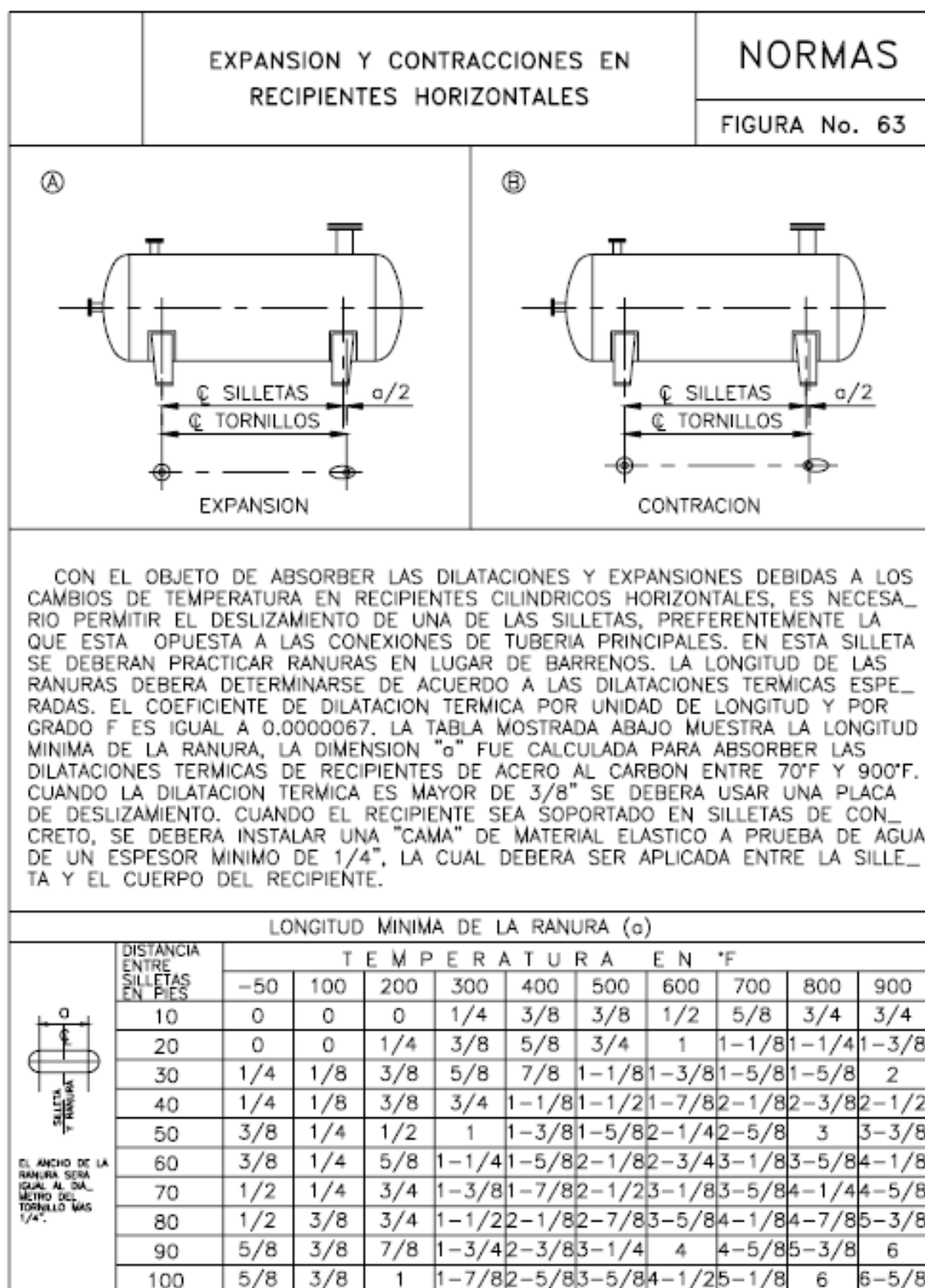


Figura 7.15: Compresión expansión del depósito.


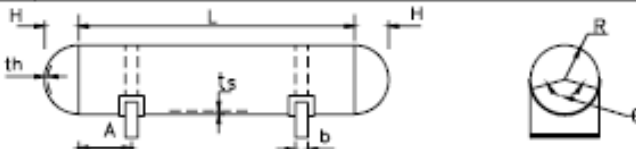
		ANALISIS DE ESFUERZOS EN RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES SOPORTADOS EN DOS SILLETAS			NORMAS	
					FIGURA No. 58	
						
CONDICIONES DE DISEÑO		L = PULG. R = PULG.	A = PULG. H = PULG.	ts = PULG. b = PULG. theta = GRAD.	P = LB/PULG ² PRESION DE DISEÑO INTERNA E = EFICIENCIA DE SOLDADURA PERIMETRAL	S = LB/PULG ² VALOR DEL ESFUERZO DEL MATERIAL DEL RECIPIENTE Q = LIBRAS CARGA EN UNA SILLETA
ESFUERZOS	CONDICIONES	MAXIMO ESFUERZO EN		ECUACIONES	CALCULOS	MAXIMO ESFUERZO PERMISIBLE
PANDEO LONGITUDINAL	CUERPO REFORZADO POR TAPAS O ANILLOS O CUERPO SIN REFORZAR	EN LAS SILLETAS (TENSION EN LA PARTE SUPERIOR COMPRESION EN EL FONDO)		$S_1 = \pm \frac{0.6 \left(1 - \frac{A}{L} \frac{R^2 - I^2}{2AL} \right)}{K_1 R^2 t_s}$ (VER IMPORTANTE EN PAG. SIG.)		SI A TENSION MAS EL ESFUERZO DEBIDO A LA PRESION INTERNA $PR/2$ (a) NO DEBERA EXCEDER EL VALOR DEL ESFUERZO PERMISIBLE DEL MATERIAL DEL CUERPO CONSIDERANDO LA EFICIENCIA DE LA SOLDADURA PERIMETRAL, EN COMPRESION EL ESFUERZO DEBIDO A LA PRESION INTERNA MENOS SI NO DEBERA EXCEDER LA MITAD DEL VALOR DEL PUNTO DE CEDENCIA A COMPRESION DEL MATERIAL O VALOR DADO POR
		EN EL CENTRO (TENSION EN EL FONDO COMPRESION EN LA PARTE SUPERIOR)		$S_1 = \pm \frac{\frac{QL}{4} \left(1 + 2 \frac{R^2 - I^2}{L^2} - \frac{4A}{3L} \right)}{\pi R^2 t_s}$		$S_1 \leq \left(\frac{E}{29} \right) (1/R) \times [2 - (2/3)(100)(1/R)]$ E = MODULO DE ELASTICIDAD DEL MATERIAL DEL CUERPO O ANILLO ATESADOR LB/PULG. ²
CORTE TANGENCIAL	SILLETAS LEJANAS A LAS TAPAS A $\geq R/2$ VER NOTA	EN EL CUERPO		$S_2 = \frac{K_2 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2A}{L + 4H/3} \right)$		S2 NO DEBERA EXCEDER 0.8 VECES DEL ESFUERZO A TENSION PERMISIBLE DEL MATERIAL DEL RECIPIENTE
		EN EL CUERPO		$S_2 = \frac{K_3 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2A}{L + 4H/3} \right)$		S3 MAS EL ESFUERZO DEBIDO A LA PRESION INTERNA NO DEBERA EXCEDER DE 1.25 VECES EL ESFUERZO A TENSION PERMISIBLE DEL MATERIAL DE LA TAPA
	SILLETAS CERCANAS A LAS TAPAS A $\leq R/2$	EN EL CUERPO		$S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_s}$		NOTA: USE LA FORMULA CON EL FACTOR K_2 SI NO SE USAN ANILLOS DE REFORZOS O SI ESTOS ESTAN PROXIMOS A LA SILLETA USE LA ECUACION CON EL FACTOR K_3 SI EL ANILLO DE REFORZO ESTA EN EL PLANO DE LA SILLETA
		EN LAS TAPAS		$S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_h}$		
		ESFUERZOS ADICIONALES EN LAS TAPAS		$S_3 = \frac{K_5 Q}{R t_h}$		
CIRCUNFERENCIAL	SIN ATIESADORES $L \geq 8R$	EN UNION CON LA SILLETA		$S_4 = \frac{Q}{4 t_s (b + 1.56 \sqrt{R t_s})} - \frac{3 K_6 Q}{2 t_s^2}$		S4 NO DEBERA EXCEDER 1.5 VECES EL VALOR DE ESFUERZO A LA TENSION DEL MATERIAL DEL CUERPO.
	$S_4 = \frac{Q}{4 t_s (b + 1.56 \sqrt{R t_s})} - \frac{12 K_6 Q R}{L t_s^2}$			S6 NO DEBERA EXCEDER 0.6 VECES EL VALOR A COMPRESION DEL LIMITE DE FLUENCIA DEL MATERIAL DEL CUERPO.		
	CON o SIN ATIESADOR $L \geq 8R$	EN LA PARTE INFERIOR DEL CUERPO		$S_5 = \frac{K_7 Q}{t_s (b + 1.56 \sqrt{R t_s})}$		

Figura 7.16: Comprobación de esfuerzos en recipientes horizontales soportados por silleas.

		ESFUERZOS EN RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES SOPORTADOS POR DOS SILLETAS							NORMAS			
									FIGURA No. 59			
VALORES DE LA CONSTANTE "K" (INTERPOLAR PARA VALORES INTERMEDIOS)												
ANGULO DE CONTACTO	θ	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁
120		0.335	1.171		0.880	0.401		0.760	0.603	0.34	0.053	0.204
122		0.345	1.139		0.846	0.393		0.753	0.618			
124		0.355	1.108		0.813	0.385		0.746	0.634			
126		0.366	1.078		0.781	0.377		0.739	0.651			
128		0.376	1.050		0.751	0.369		0.732	0.669			
130		0.387	1.022		0.722	0.362		0.726	0.680	0.33	0.045	0.222
132		0.398	0.996		0.694	0.355		0.720	0.705			
134		0.409	0.971		0.667	0.347		0.714	0.722			
136		0.420	0.946		0.641	0.340		0.708	0.740			
138		0.432	0.923		0.616	0.344		0.702	0.759			
140		0.443	0.900		0.592	0.327		0.697	0.780	0.32	0.037	0.241
142		0.455	0.879		0.569	0.320		0.692	0.796			
144		0.467	0.858		0.547	0.314		0.687	0.813			
146		0.480	0.837		0.526	0.308		0.682	0.831			
148		0.492	0.818		0.505	0.301		0.678	0.853			
150		0.505	0.799		0.485	0.295		0.673	0.876	0.30	0.032	0.259
152		0.518	0.781		0.466	0.289		0.669	0.894			
154		0.531	0.763		0.418	0.283		0.665	0.913			
156		0.544	0.746		0.430	0.278		0.661	0.933			
158		0.557	0.729		0.413	0.272		0.657	0.954			
160		0.571	0.713		0.396	0.266		0.654	0.976	0.29	0.026	0.279
162		0.585	0.698		0.380	0.261		0.650	0.994			
164		0.599	0.683		0.365	0.256		0.647	1.013			
166		0.613	0.668		0.350	0.250		0.643	1.033			
168		0.627	0.654		0.336	0.245		0.640	1.054			
170		0.642	0.640		0.322	0.240		0.637	1.079	0.27	0.022	0.298
172		0.657	0.627		0.309	0.235		0.635	1.097			
174		0.672	0.614		0.296	0.230		0.632	1.116			
176		0.687	0.601		0.283	0.225		0.629	1.137			
178		0.702	0.589		0.271	0.220		0.627	1.158			
180		0.718	0.577		0.260	0.216		0.624	1.183	0.25	0.017	0.318
* K ₁ = 3.14 SI EL RECIPIENTE TIENE ANILLO DE REFUERZO O CABEZA (A < R/2)												

Tabla 7.11: Valores de la constante K.

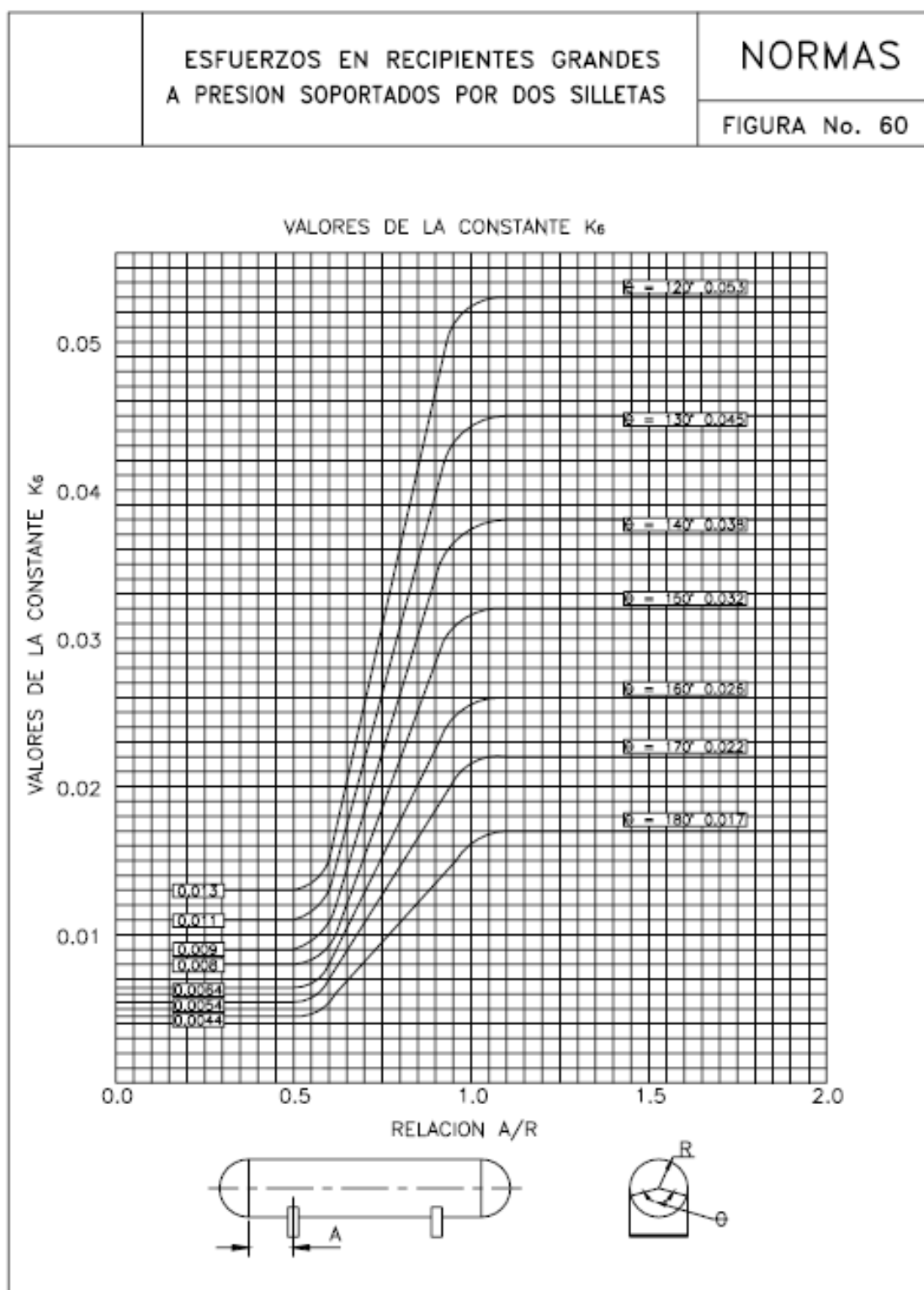


Figura 7.17: Valores de la constante K_6 .

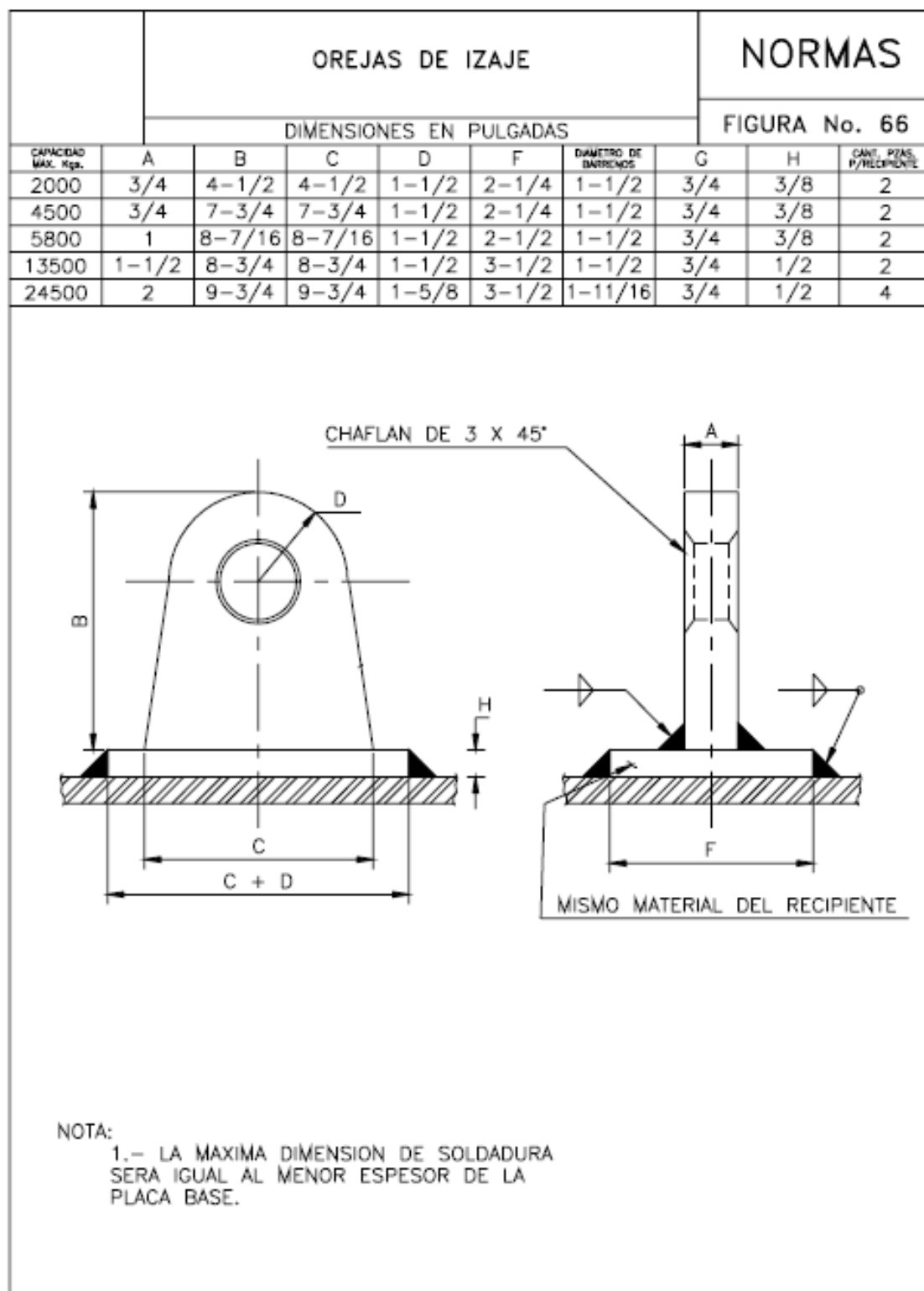


Figura 7.18: Dimensiones de las orejetas.

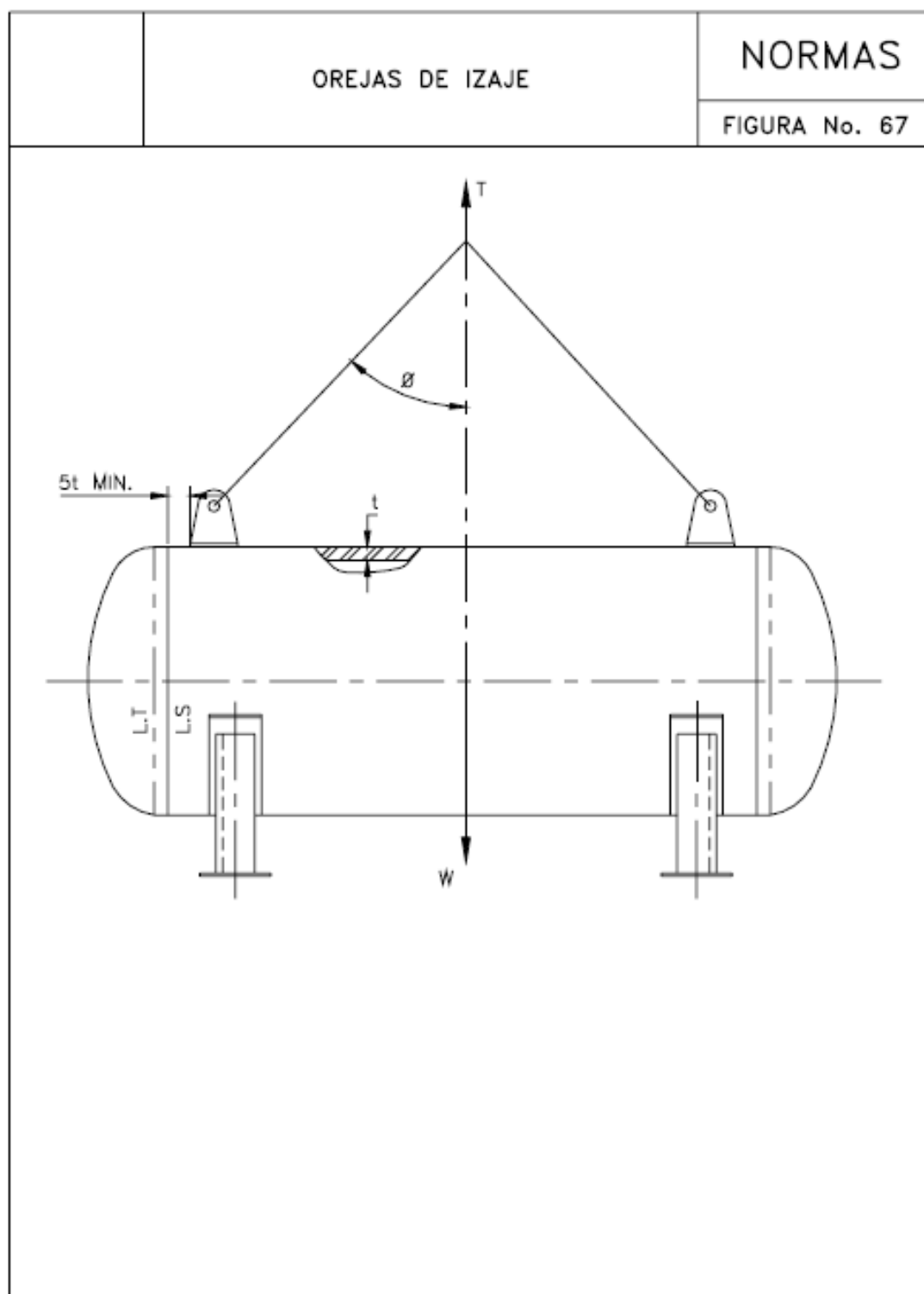


Figura 7.19: Ubicación de las orejetas.

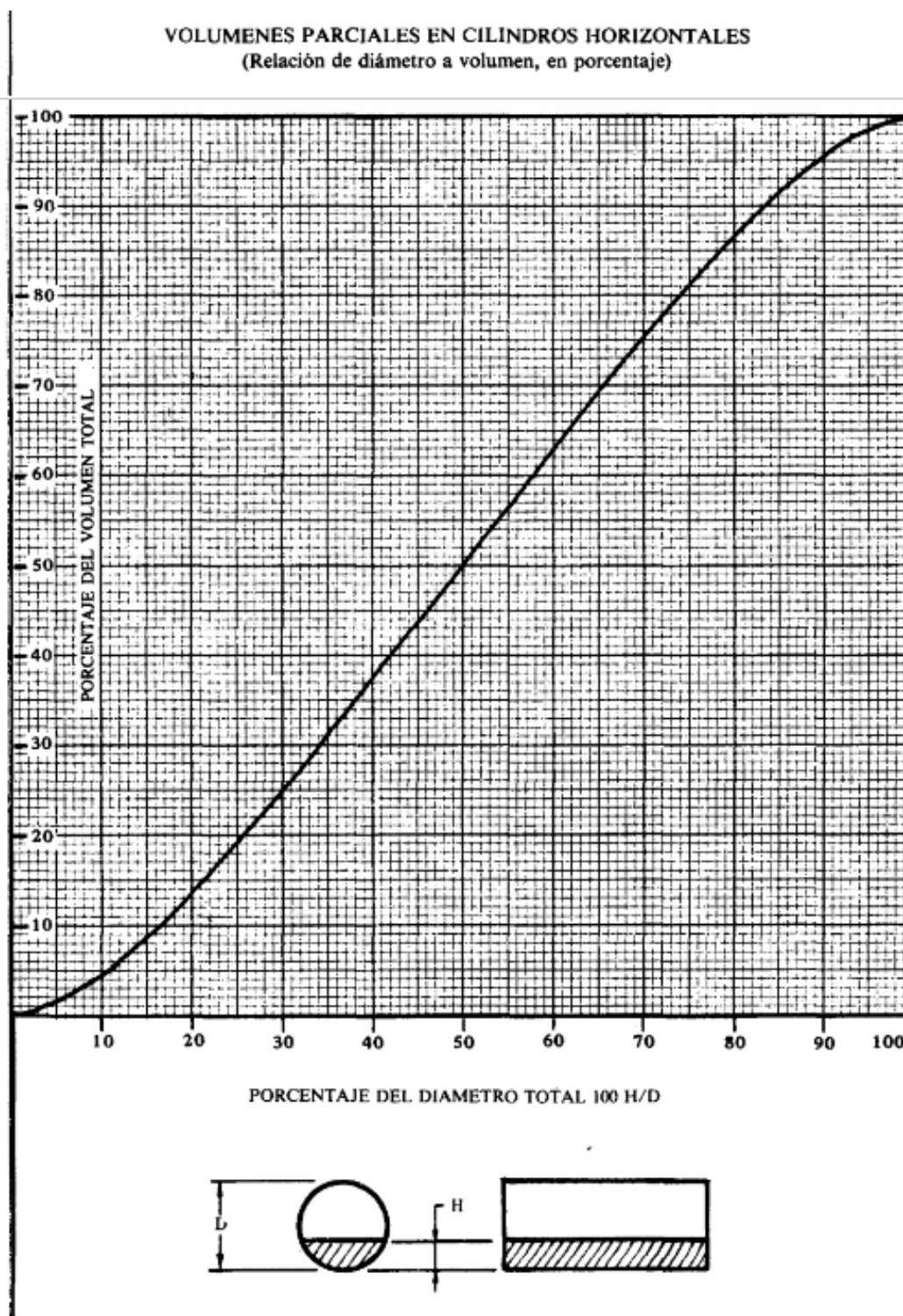


Figura 7.20: Volúmenes parciales en cilindros horizontales.

ANEXO 8: Gráficos y tablas para la soldadura en el depósito.







EFICIENCIA DE SOLDADURAS VALORES DE "E"		NORMAS		
		FIGURA No. 1		
TIPOS DE UNIONES NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
		AL 100 %	POR PUNTOS	SIN
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA. SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45

Figura 8.1: Eficiencia soldadura, valor de "E".

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS									
LIMITACIONES AL APLICAR LOS DISTINTOS TIPOS DE SOLDADURA	NOTAS								
<p>PARA EL TIPO 1 NINGUNA</p> <p>PARA EL TIPO 2, NINGUNA Excepto soldadura a tope con una placa desplazada; para uniones circunferenciales únicamente.</p> <p>PARA EL TIPO 3 Para uniones circunferenciales únicamente, no más de 5/8 de pulg de espesor y no más de 24 pulg de diámetro exterior.</p> <p>PARA EL TIPO 4 Uniones longitudinales de no más de 3/8 de pulg de espesor. Uniones circunferenciales de no más de 5/8 de pulg de espesor.</p> <p>PARA EL TIPO 5 a) Uniones circunferenciales para juntas de cabezas de no más de 24 pulg de diámetro exterior a cascos de no más de 1/2 pulg de espesor. Se excluyen las juntas de cabezas hemisféricas a cascos. b) Uniones circunferenciales para juntas a cascos de no más de 5/8 de pulg de espesor nominal, cuando la distancia del centro de la soldadura de tapón a la orilla de la placa no sea menor de 1 1/2 veces el diámetro del orificio para el tapón.</p> <p>PARA EL TIPO 6 a) Para la unión de cabezas convexas hacia la presión a cascos de no más de 5/8 de pulg de espesor requerido, sólo aplicando soldadura de filete en el interior del casco o b) Para la unión de cabezas con la presión en cualquiera de sus lados, a cascos de no más de 24 pulg de diámetro interior y no más de 1/4 de pulg de espesor requerido con soldadura de filete en el exterior de la brida de la cabeza solamente.</p>	<ol style="list-style-type: none"> En esta tabla se indican los tipos de juntas soldadas que son permitidas por las normas en procesos de soldadura por arco y con gas. La forma de los bordes por unir mediante soldadura a tope deberá ser tal que permita lograr una fusión y penetración completas. Las juntas a tope deberán estar libres de socavaciones, traslapes y lomos y valles bruscos. Para asegurarse de que se llenen completamente de soldadura las ranuras, el metal de soldadura puede acumularse como refuerzo. El espesor del refuerzo no debe exceder de las medidas siguientes. <table> <tr> <td>Espeor de la placa, pulg</td><td>Refuerzo máx., pulg</td></tr> <tr> <td>hasta 1/2 inclusive</td><td>3/32</td></tr> <tr> <td>de 1/2 hasta 1 inclusive</td><td>1/8</td></tr> <tr> <td>más de 1"</td><td>3/16</td></tr> </table> Antes de soldar el segundo lado de una junta a tope de doble cordón, las impurezas de la soldadura del primer lado deben separarse por rebabeo, a esmeril o por fusión para que haya metal firme para penetración y fusión completas. Para la soldadura de arco sumergido se recomienda formar por rebabeo una ranura en el cráter. Las máximas eficiencias permitidas para la junta que se dan en esta tabla se usarán en los cálculos de las cargas, al hacer las uniones por los procedimientos de soldadura por arco o con gas. 	Espeor de la placa, pulg	Refuerzo máx., pulg	hasta 1/2 inclusive	3/32	de 1/2 hasta 1 inclusive	1/8	más de 1"	3/16
Espeor de la placa, pulg	Refuerzo máx., pulg								
hasta 1/2 inclusive	3/32								
de 1/2 hasta 1 inclusive	1/8								
más de 1"	3/16								

Figura 8.2: Limitaciones para las juntas soldadas en función de tipo de soldadura.

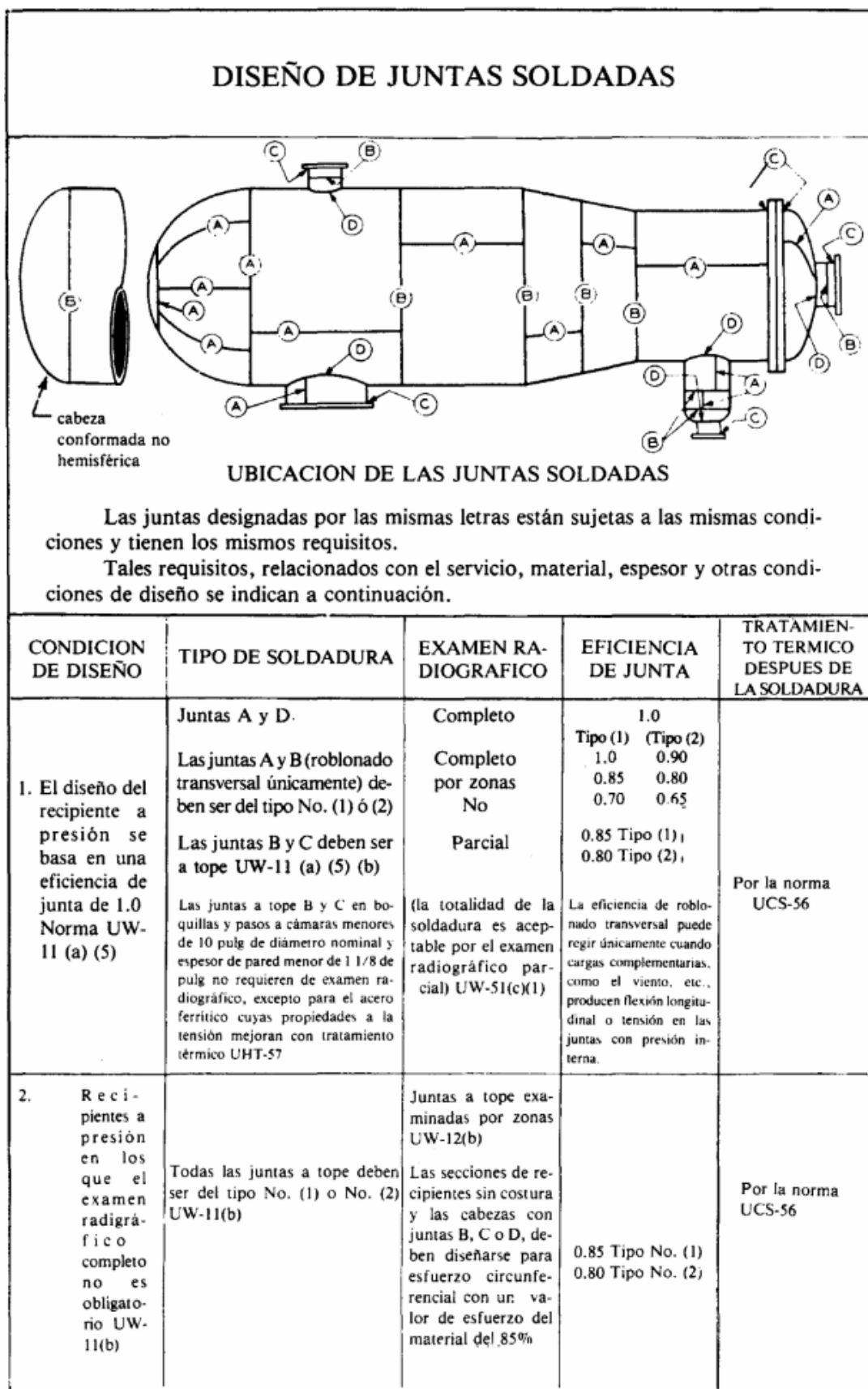


Figura 8.3: Ubicación de las juntas soldadas: requerimientos (1/3).

DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS (CONT.)				
CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
3. El recipiente se diseña para presión externa únicamente o el diseño está basado en UW-12(c) (ver tabla).	Cualquier junta soldada UW-1(c).	No se requiere examen radiográfico.	0.70 Tipo (1) 0.65 Tipo (2) 0.60 Tipo (3) 0.55 Tipo (4) 0.50 Tipo (5) 0.45 Tipo (6) En todos los demás cálculos de diseño se usará el 80% del valor de esfuerzo del material.	Por la norma UCS-56.
4. Recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas UW-2(a).	Las juntas A serán del tipo (1) UW-2(a)(1)(a). Las juntas B y C serán del tipo No. (1) o No. (2) UW-2(a)(1)(b). Las juntas D llevarán soldadura de penetración total a través de todo el espesor de la pared del recipiente o la boquilla UW-2(a)(1)(c).	Completo Todas las juntas a tope en cascos y cabezas deben examinarse radiográficamente por completo, excepto los tubos de intercambiadores y los intercambiadores UW-2(a)(2), (3) y UW-11(a)(4)	1.0 1.0 0.9* * para usarse en cálculos de esfuerzo longitudinal (roblonado transversal).	Los recipientes fabricados de aceros al carbón o con bajo contenido de elementos de aleación deben tratarse térmicamente después de haberse soldado, UW-2(c).
5. Los recipientes que operen a menos de -20°F se requiere prueba de impacto del material o del metal de aporte UW-2(b)	Las juntas A serán del tipo No. (1) (excepto para acero inoxidable 304) Las juntas B serán del tipo No. (1) o del No. (2), UW-2(b) (1) y (2) Las juntas C llevarán soldaduras de penetración completa que se extiendan a toda la sección de la junta. Las juntas D llevarán soldaduras de penetración completa que se extiendan por toda la sección de la junta UW-2(b) (2) y (3)	Completo Por zonas No	Tipo (1) Tipo (2) 1.0 0.90 0.85 0.80 0.70 0.65	Por la norma UCS-56.
6. Calderas con presión de diseño mayor de 50 lb/pulg ²	Las juntas A serán del tipo No. (1) Las juntas B serán del tipo No. (1) o (2) UW-2(c)	Todas las juntas a tope en cascos y cabeceras deben ser radiografiadas por completo excepto cuando así lo indican las normas UW-11(a) (4) UW-2(c)	1.0 1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Los recipientes fabricados con acero al carbono o de acero con bajo contenido de elementos de aleación deberán tratarse térmicamente después de haberse soldado, UW-2(c).

Figura 8.4: Ubicación de las juntas soldadas: requerimientos (2/3).

CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE LA JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
7. Recipientes a presión sujetos a fuego directo	Las juntas A serán del tipo No (1) Las juntas B serán del tipo No. (1) o No. (2) cuando el espesor sea mayor de 5/8 de pulg UW-2(d)	Completo Por zonas No	Tipo (1) Tipo (2) 1.0 0.90 0.85 0.80 0.70 0.65	Cuando el espesor en las juntas soldadas en aceros al carbono (P-No. 1) sea mayor de 5/8 de pulg, así como cualquier espesor para aceros con bajo contenido de elementos de aleación (diferentes del P-No. 1), es obligatorio el tratamiento térmico después de la soldadura.
8. Soldadura de electroescoria.	Todas las soldaduras a tope UW-11(a)(6) Cualquier soldadura	Completo Examen por ultrasonido en lugar de radiografiado	1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Por código UCS-56
9. Cierre final de recipientes	Cualquier tipo de soldadura UW-11(a)(7)	Completo Examen por ultrasonido cuando la construcción impide el radiografiado.	1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Por código UCS-56

Figura 8.5: Ubicación de las juntas soldadas: requerimientos (3/3).

REGLAS DE LAS NORMAS CON RELACION A DIFERENTES ESPESORES DE PARED DEL RECIPIENTE								
Espesor de pared, pulg	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$
Notas aplicables	2, 4, 15 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	2, 4, 15 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11 12, 14, 15	2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14	4, 6, 8, 9 11, 12, 14 15	4, 6, 8, 9 11, 12, 14 15	7, 8, 9, 11, 12, 14, 15	7, 8, 9, 11, 12, 14, 15
Espesor de pared, pulg	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	1
Notas aplicables	7, 10, 11, 12, 14, 15	7, 10, 11, 12, 14, 15	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20	7, 10, 13, 16, 20
Espesor de pared, pulg.	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{3}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{2}$ y mayores
Notas aplicables	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20	7, 13, 16, 17, 20, 19, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22	7, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21
<p style="text-align: center;">Notas (Extractos breves de los requisitos de las normas)</p> <ol style="list-style-type: none"> El espesor mínimo de placa para construcción soldada no deberá ser menor de $\frac{1}{16}$ de pulg. El espesor mínimo de cascos y cabezas para servicio en aire comprimido, en vapor de agua o en agua, deberá ser $\frac{3}{32}$ de pulg. La marca del fabricante no deberá ser de estampado profundo por dado. En servicio de aire comprimido, de vapor de agua y de agua deberá dejarse margen por corrosión no menor de $\frac{1}{6}$ del espesor de placa calculado. Las aberturas sencillas soldadas hasta para tubo de 3 pulg, no requieren refuerzo. El espesor mínimo de cascos y cabezas de calderas de vapor no sujetas a fuego directo no deberá ser menor de $\frac{1}{4}$ de pulg. Para juntas longitudinales soldadas es aceptable la unión a traslape de doble filete completo. Las aberturas sencillas soldadas para tubo hasta de 2 pulg, no requieren refuerzo. Es aceptable la junta de traslape de un solo filete con soldaduras de tapón para la sujeción de cabezas no mayores de 24 pulg de diámetro exterior a cascos. Espesor máximo del refuerzo para soldadura a tope: $\frac{3}{32}$ de pulg. Espesor máximo para soldadura a tope: $\frac{1}{8}$ de pulg. Es aceptable la junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón para unión circunferencial. 								
							UG-16 (b)	
							UG-16(b) (6)	
							UG-77 (b)	
							UCS-25	
							UG-36 (c) (3)	
							UG-16 (b) (5)	
							Tabla UW-12	
							UG-36 (c) (3)	
							Tabla UW-12	
							UW-35 (a)	
							UW-35 (a)	
							Tabla UW-12	

Figura 8.6: Reglas de las normas en función al espesor del recipiente (1/2).

REGLAS DE LAS NORMAS CON RELACION A DIFERENTES ESPESORES DE PARED DEL RECIPIENTE (Continuación)	
Notas (Extractos breves de los requisitos de las normas)	
12. Son aceptables las juntas a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón para la sujeción de cabezas convexas hacia el lado de presión a los cascos.	Tabla UW-12
13. Las juntas soldadas de recipientes de presión sujetos a fuego directo comprendidas en la Categoría B serán del tipo (1) ó (2). Requieren tratamiento térmico posterior a la soldadura.	UW-2 (d) (1) (2)
14. Es aceptable la junta a tope sencilla soldada sin solera de respaldo para uniones circunferenciales no mayores de 24 pulg de diámetro exterior.	Tabla UW-12
15. Para unión circunferencial son aceptables las juntas a traslape de doble filete completo.	Tabla UW-12
16. No deberán usarse placas de acero que correspondan a las especificaciones SA-36 y SA-283.	UCS-6 (b) (4)
17. El espesor máximo del refuerzo para soldaduras a tope es 3/16 de pulg.	UW-35 (a)
18. Las juntas soldadas a tope en material de clasificación P-I deberán ser radiografiadas totalmente	USC-57
19. El tratamiento térmico posterior a la soldadura de los materiales P-I es forzoso para todas las conexiones y accesorios soldados.	Tabla UCS-56
20. Para uniones circunferenciales o longitudinales se usarán juntas a tope con doble soldadura o juntas a tope con soldadura sencilla y solera de respaldo.	Tabla UW-12
21. Las juntas soldadas a tope hechas de acuerdo con los tipos No. (1) y No. (2) serán examinadas radiográficamente en toda su longitud.	UW-11 (a) (2)
22. El tratamiento térmico posterior a la soldadura de los materiales P-1 no es forzoso siempre que se precaliente el material.	Tabla UCS-56 Nota (2)(a)(b)

Figura 8.7: Reglas de las normas en función al espesor del recipiente (2/2).

■ ANEXO 9: Gráficos y tablas para tuberías.

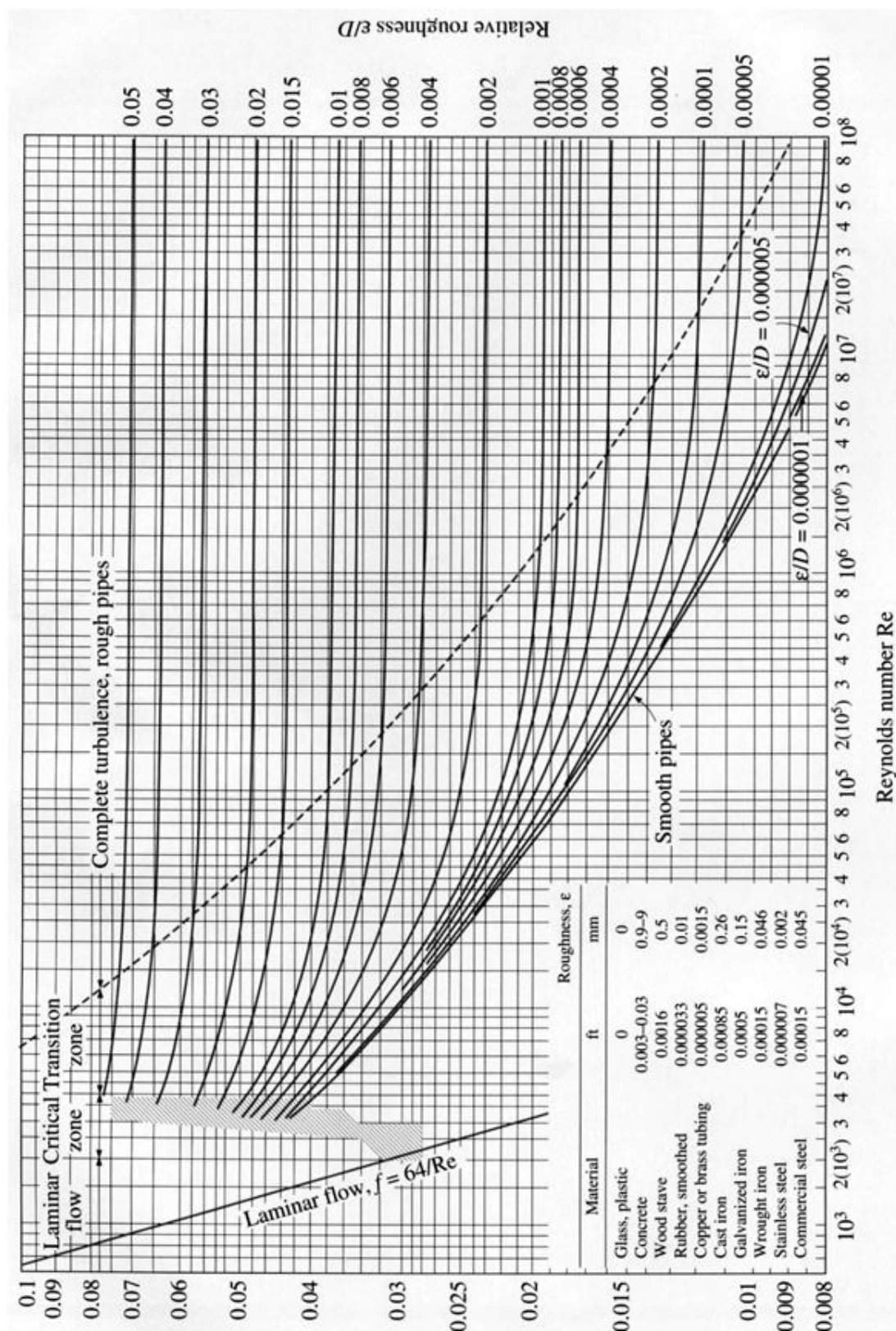


Tabla 9.1: Gráfico de Moody.

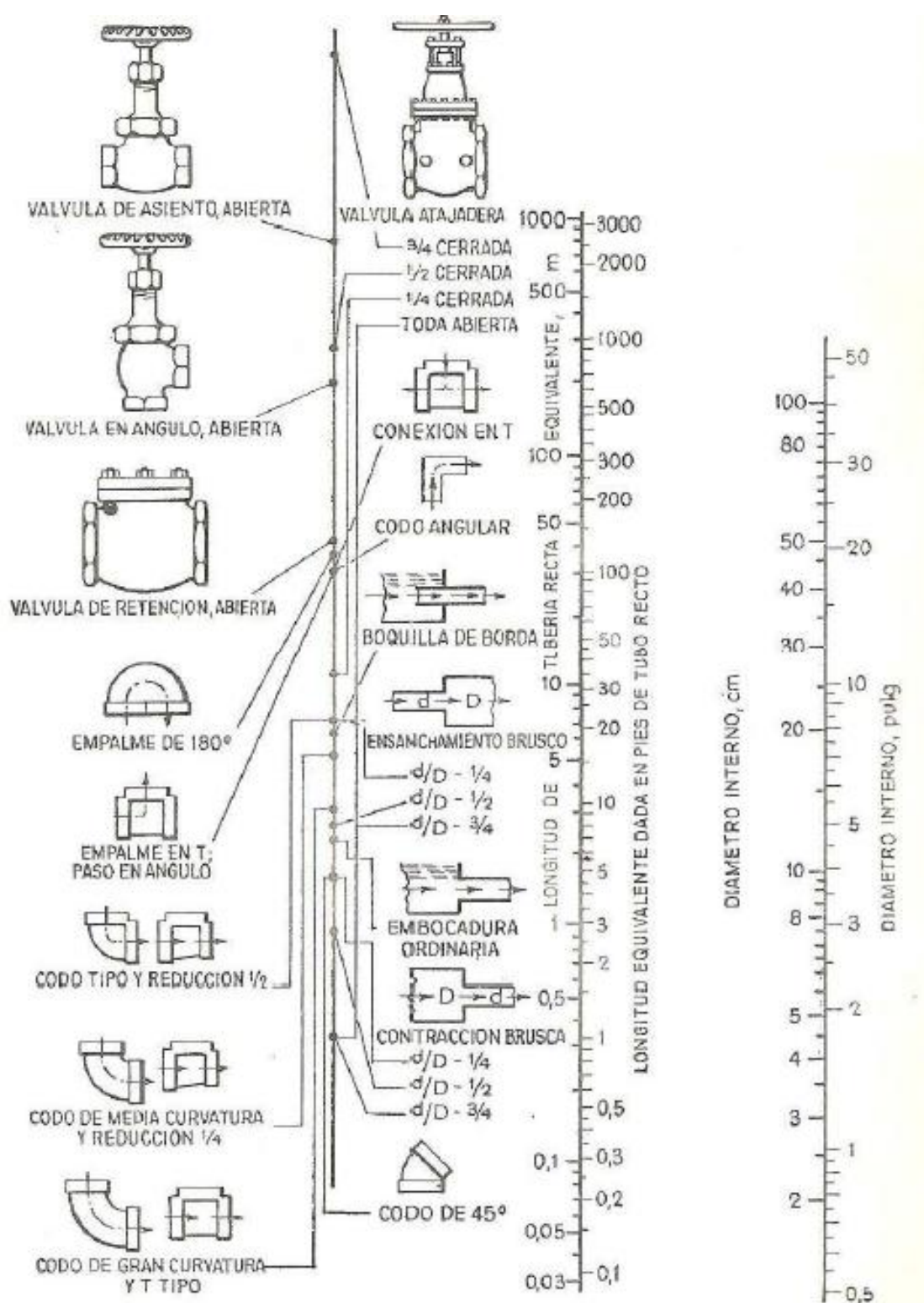


Tabla 9.2: Características de las tuberías AISI 304 (1/2).

Temperatura Temperature	(B) Variedades Type	(A) Limite Max. trabajo Max. Work. Limit	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"	
			Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.	
Cº	AISI	bar	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS
-29º a +48º	304	13,705	587	1033	539	819	487	748	374	609	366	551	356	469
	321-347	13,705	587	1033	539	819	487	748	374	609	366	551	356	469
-29º to +48º	316 (2)	13,705	587	1033	539	819	487	748	374	609	366	551	356	469
93º	304	11,280	521	917	479	727	433	664	332	540	325	489	316	417
	321-347	12,705	587	1033	539	819	487	748	374	609	366	551	356	469
	316 (2)	12,705	587	1033	539	819	487	748	374	609	366	551	356	469
149º	304	10,165	470	826	431	655	390	598	299	487	293	440	285	375
	321-347	11,520	532	937	489	742	442	678	339	552	332	499	323	426
	316 (2)	12,130	561	986	515	782	465	714	357	581	350	526	340	448
204º	304	9,250	427	752	393	596	355	545	272	443	267	401	259	342
	321-347	10,705	495	870	454	690	410	630	315	513	308	464	300	395
	316 (2)	11,860	548	964	503	764	455	698	349	568	342	514	333	438
260º	304	8,470	391	689	359	546	325	499	249	406	244	367	237	313
	321-347	10,300	476	837	437	664	395	606	303	493	297	446	289	380
	316 (2)	11,655	539	948	495	751	447	686	343	558	336	505	327	431

Tabla 9.1: Características de las tuberías AISI 304 (1/2).

2 1/2"		3"		3 1/2"		4"		5"		6"		8"		10"		12"	
Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.		Sch.	
160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS	160	XXS
319	492	304	431		396	286	371	271	331	260	318	252	242	251		246	
319	492	304	431		396	286	371	271	331	260	318	252	242	251		246	
319	492	304	431		396	286	371	271	331	260	318	252	242	251		246	
283	437	270	383		351	254	329	240	293	231	282	223	215	223		218	
319	492	304	431		396	286	371	271	331	260	318	252	242	251		246	
319	492	304	431		396	286	371	271	331	260	318	252	242	251		246	
255	394	243	345		317	229	297	217	264	208	254	201	194	201		197	
289	446	275	391		359	259	336	246	300	235	288	228	219	228		223	
304	470	290	412		378	273	354	259	316	248	304	240	231	240		235	
232	358	221	314		288	208	270	197	241	189	231	183	176	183		179	
268	415	256	36		334	241	313	228	278	219	268	212	204	211		207	
297	459	284	403		370	267	346	253	309	242	297	235	226	234		229	
212	328	202	287		264	190	247	180	220	173	212	168	161	167		164	
258	399	246	350		321	232	301	219	268	210	258	204	196	203		199	
292	451	279	396		363	262	340	248	303	238	292	231	222	230		226	

Tabla 9.2: Características de las tuberías AISI 304 (2/2).

10.3. FICHAS TÉCNICAS

■ ANEXO 10: Fichas técnicas de Protección contra la Corrosión.



TECNOLOGÍA TOTAL

Hoja Técnica Ánodos de Magnesio
Para Protección Catódica
TecnoMag

INTRODUCCIÓN

Los ánodos de magnesio, son el material básico para la ingeniería contra la corrosión cuando se pretende proteger instalaciones que no son adecuadas para sistemas de Protección Catódica por Corriente Impresa. Los ánodos pueden suministrarse en materiales de bajo ó alto potencial para adaptarse a los requerimientos. Se suministran desnudos ó debidamente pre-empacados con relleno despolarizante o *backfill*.

TECNOLOGIA TOTAL, selecciona rigurosamente a sus proveedores para ofrecer al cliente una aleación adecuada y nivel de impurezas bajo, especialmente de cobre, hierro y níquel, elementos que determinan la duración y eficacia del ánodo.

ESPECIFICACIONES

Aleación Standard - TecnoMag

Fe	0.005
Si	0.3
Cu	0.08 máx
Zn	2.5 - 3.5
Mn	0.25
Ni	0.003
Pb	0.03
Al	5.3 - 6.7
Mg	Resto

Aleación Alto Potencial - TecnoMag HP

Fe	0.03
Es	0.10 máx
Cu	0.02
Mn	0.5 - 1.3
Ni	0.001
Pb	0.01
Al	0.01
Mg	Resto

Eficiencia : 50 %
Capacidad : 1.230 Amps/Hr por Kg
Potencial : -1,5 V CSE

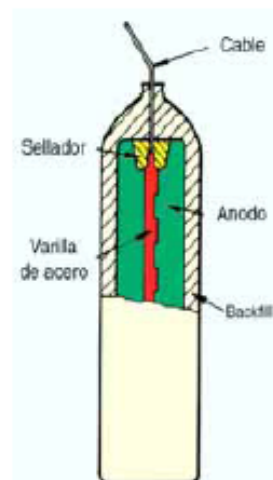
Eficiencia : 50 %
Capacidad : 1.230 Amps/Hr por Kg
Potencial : -1,7 V CSE

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANODOS

El rango standard de los modelos de ánodos cubren todas las necesidades generales, aunque pueden realizarse otros tipos de ánodos bajo demanda.

Los ánodos de Magnesio **TecnoMag** pueden suministrarse con relleno despolarizante o *backfill* altamente higroscópico, normalmente se suministran en bolsa de algodón y con cable standard de 3 metros de largo de cobre de 25 mm² tipo TTU, NYY o HMWPE apropiados para enterramiento directo y que son conectado al alma del ánodo y aislado mediante compuesto bituminoso.

El backfill ayuda a disminuir la resistencia del ánodo a la tierra y retiene la humedad y permite una mejor eficiencia y consumo homogéneo del ánodo, de ésta forma creando una cama anódica eficiente.



Ánodo pre-empacado.

Figura 10.1: Ficha técnica de los ánodos de sacrificio (1/2).



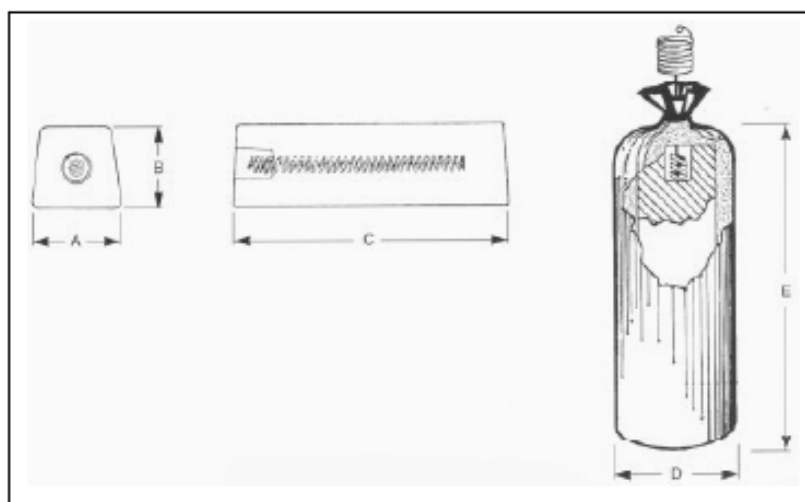
TECNOLOGÍA TOTAL

Hoja Técnica Ánodos de Magnesio
Para Protección Catódica
TecnoMag

TECNOLOGIA TOTAL distribuye ánodos de magnesio en cualquier dimensión de acuerdo con las especificaciones finales del cliente, no dude en contactarnos para cualquier tamaño de ánodo especial de acuerdo con sus necesidades.

DIMENSIONES DE LOS ANODOS

Las siguiente figura muestra las dimensiones standard de fabricación, sin embargo las más comunes usadas son ánodos de 4.5, 9, 17 Y 32 lbs, de peso con el correspondiente relleno.



Tamaño Ánodo (Lbs)	Peso Desnudo (lbs)	Peso Empacado (lbs)	Desnudo			Empacado	
			A	B	C	D	E
1S1*	1	10	1-1/2"	1-5/8"	9"	4"	12"
3D3*	3	12	3-1/2"	3-1/2"	5-1/2"	6"	10"
5D3*	5	18	3-1/2"	3-1/2"	9.5"	6"	14"
9D3*	9	27	3-1/2"	3-1/2"	13.5"	6-1/2"	19"
17D3*	17	45	4"	3-1/2"	25-1/2"	6-1/2"	29"
20D2	20	70	2-3/4"	2-3/4"	58-3/4"	6-1/2"	62"
32D5*	32	70	6"	5-3/4"	21"	8-1/2"	28"
48D5*	48	105	5-3/4"	5-3/4"	30-1/2"	7-3/4"	38"
50D5	50	107	6"	5-3/4"	30-1/2"	7-3/4"	38"
60D4	60	126	4-1/2"	4-1/2"	60-1/2"	7"	64"

Notas:

1. Dimensiones y peso puede variar ligeramente.
2. El peso podría cambiar en $\pm 2\%$.
3. Ánodos marcados con "*" están disponibles en diferentes configuraciones según la necesidad las dimensiones del ánodo pre-empacado pueden cambiar.

Figura 10.2: Ficha técnica de los ánodos de sacrificio (2/2).

MATERIALES	RESISTIVIDAD($\Omega \cdot M$)
Sal gema	10^{13}
Cuarzo	10^9
Arenisca, guijarros de río, piedra triturada	10^7
Granitos compactos	$10^6 - 10^7$
Rocas compactas, cemento, esquistos	10^6
Carbón	$10^5 - 10^6$
Rocas madres, basaltos, diabases, cascajos y granitos antiguos (secos)	10^4
Guijarros de río y cascajo piedra triturada húmedos	5×10^3
Terrenos rocosos, calizos (jurásico) secos	3×10^3
Granitos antiguos (húmedos)	$1,5 \text{ a } 2 \times 10^3$
Yeso seco	10^3
Arena fina y guijarros (secos)	$10^2 - 10^3$
Grava y arena gruesa (seca)	10^3
Arena arcillosa, grava y arena gruesa húmeda	5×10^2
Suelos calcáreos y rocas aluvionarias	$3 \text{ a } 4 \times 10^2$
Tierra arenosa con humedad	2×10^2
Barro arenoso	$1,5 \times 10^2$
Margas turbas, humus muy secos	10^2
Margas y humus secos	50
Arcillas (secas)	30
Margas, arcillas y humus húmedos	10
Arcilla ferrosas, piritosas	10
Esquistos gráficos (húmedos y secos)	Menos de 5
Agua de mar	1
Soluciones salinas	0,1 - 0,001

Tabla 10.1: Resistividad de los distintos materiales.

Estado superficial	Medio agresivo	Densidad de corriente mA/m ²
Acero desnudo	Agua dulce estancada	56
Acero desnudo	Agua dulce en movimiento	56-66
Acero desnudo	Agua dulce, turbulenta o caliente	56-170
Acero desnudo	Suelo neutro o estéril	5-17
Acero desnudo	Suelo aereado y seco	5-17
Acero desnudo	Suelo húmedo	28-66
Acero desnudo	Suelo muy ácido	56-170
Acero desnudo	Suelo con bacterias	450
Acero bien revestido	Suelo normal	0.1-0.2
Acero muy bien revestido	Suelo normal	0.01

Figura 10.3: Tabla con la densidad de corriente (mA/m²) en función del estado superficial y del medio agresivo.

CINTA ANTICORROSIÓN PETROWRAP

La cinta Anticorrosión PetroWrap es la mejor manera de proteger los equipos de cubierta, hidráulicos, tuberías de acero, bridas, válvulas, estructuras marinas, o cualquier otro equipo sujeto a la corrosión.

Compuesto generalmente de petrolatum y agentes específicos anticorrosión, PetroWrap está diseñado para proporcionar de forma económica una protección a largo plazo contra el agua, sal, álcali y ácidos.

Especificaciones

- Protege contra el agua, sal, álcali y ácidos
- Protege superficies nuevas o corroídas
- Resiste temperaturas entre -40C y 65C
- No se rompe, despegas o endurece



PetroWrap® Overwrap

- Cinta de polietileno revestido por un lado con goma natural-adhesivo sensitivo por presión
- Se adhiere a la cinta PetroWrap para proporcionar un buen acabado para el sistema PetroWrap
- Disponible en dos anchuras: 50 mm - 36 rollos por caja, 100mm - 18 rollos por caja

ISSA CODE	WIDTH	LENGTH	ROLLS/BOX
81 24 71	50 mm (2")	10 m (32.8')	36
81 24 72	100 mm (4")	10 m (32.8')	18
81 24 73	150 mm (6")	10 m (32.8')	12
81 24 74	200 mm (8")	10 m (32.8')	8

Figura 10.4: Cinta anticorrosión para tuberías.



CINTAS CANALIZACIONES Y
TELECOMUNICACIONES

CINTAS PARA CANALIZACIONES DE GAS, AGUA Y ELECTRICIDAD

Las cintas y bandas de señalización para canalizaciones de Gas, Agua y Cables Eléctricos, preavisan de las instalaciones subterráneas, evitando que un equipo perforador produzca una grave avería por desconocer su presencia.

- Todas las Bandas pueden ser personalizadas con el nombre de la Compañía, teléfonos de emergencia, mensajes.. etc.
- Las Bandas pueden estar HOMOLOGADAS entre las Compañías y FLEXOMARK SYSTEM COMPANY, SL, de esta forma se obtiene una certificación de las características técnicas de la malla y un servicio express de fabricación de cada producto.

- **CABLE DETECTOR:** Las cintas de señalización para conductos enterrados pueden fabricarse con un cable detector adherido de 0'50 mm, para su detección.

CINTAS FABRICADAS PARA CANALIZACIONES

CANALIZACIÓN DE GAS	(15, 20 y 30 Cm Standard y compañías)
CANALIZACION DE AGUA	(15, 20 y 30 Cm con y sin cable detector)
AGUA POTABLE	(15, 20 y 30 Cm con y sin cable detector)
ATENCIÓN CABLES ELÉCTRICOS	(Standard y compañías , hidroeléctrica,)

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Anchos standard : 15 20 y 30 cm.
Cable detector: 0'50 mm
Bobinas: sin cable 250 mtr, con cable 100 mts
Impresión: Hasta 6 colores

Figura 10.5: Cinta señalización de tubería de gas.

PINTURA									
TABLA I, SISTEMAS DE PINTURA									
Número de sistema SSPC-PS	CONDICION	Preparación de la superficie, Tabla II	Pretratamiento, Tabla III	Espesor de la pintura seca, milésimas					
				1a. mano	2a. mano	3a. mano	4a. mano	5a. mano	Espesor total
1.01	No hay condensación, humos químicos, goteo de salmueras y demás condiciones en extremo corrosivas	2	No se requiere	14 (1.7)	104 (1.3)	104 (1.0)			4.0
1.02				14 (1.7)	14	104	104		5.0
1.03				1 (1.7)	104 (1.3)	104 (1.0)			4.0
1.05				2 (1.7)	104	104			4.0
1.06				A (1.7)	104	104			4.0
2.01	Superficies de acero expuestas a la intemperie, alta humedad, inmersión poco frecuente en agua fresca o salada o a atmósferas químicas benignas	6	No se requiere	C (1.5)	C (1.5)	104	104		5.0
2.02				D (1.5)	104 (1.5)	104 (1.0)			4.0
2.03				B (1.5)	104 (1.5)	104 (1.0)			4.0
2.04				E (1.5)	104	104			3.5
3.00	Superficies de acero expuestas a inmersión alternada, alta humedad y condensación o a la intemperie, o a atmósferas químicas moderadamente severas o a inmersión en agua fresca	5, 6, 8, 10	1, 2, 3, 4	5, 6 6 (1.5)	5, 6 6 (1.5)	103 (1.0)	5, 6 ó 103		4.0 or 5.0
4.01	Inmersión en agua salada o en varias soluciones químicas, condensación, exposición muy severa a la intemperie o a atmósferas químicas	10	3 **	G (1.5)	G	9	9		5.5
4.02	Inmersión en agua fresca, condensación, exposición a la intemperie o a atmósferas químicas muy severas.	10	No se requiere	H (1.5)	H	H	H		6.0
4.03	Inmersión completa o alternada en agua salada, alta humedad, condensación y exposición a la intemperie	6 ó 8	3 **	G (1.5)	9	8			4.0
4.04	Condensación o exposición a intemperie muy severa o a atmósferas químicas	6 ó 8	No se requiere	9 (1.2)	9	9	9		4.5
4.05	Condensación, intemperie severa, atmósferas químicas benignas	6 ó 8	3 **	G (1.5)	F	F			4.0
6.01	Recipientes de acero y estructuras flotantes expuestas a agua fresca o salada, agua sucia y a la intemperie	10	3	G (1.5)	G	G	G	I (2.0)	7.0
6.02		6 ó 8	3	G (1.5)	G	G	J	J	7.0
6.03		6 ó 8	3	G (1.5)	G*	G	L	K	6.25
7.01	Ambiente seco, no corrosivo, interior de edificios o protección temporal contra intemperie	limpieza nominal	No se requiere	13 (1.0)					1.0
8.01	Protección a largo plazo en lugares cubiertos o inaccesibles, protección a corto plazo o temporal en medios corrosivos	1 y 2 ó 3	No se requiere	M 31 (húmeda)					31 (húmeda)
9.01	Atmósferas corrosivas o químicas, pero no debe usarse en contacto con aceites, disolventes u otros agentes	6	No se requiere	12 63					63
10.01	Estructuras subterráneas y submarinas de acero	6	No se requiere	N (.5-2)	N (31)	N (31)			63- 100
10.02	Para medios corrosivos subterráneos, submarinos o húmedos. No se recomienda para agua potable ni para alta temperatura	6	No se requiere	O (15-18)	O (25)	P (8-15)			35
*Se recomiendan cuatro manos bajo condiciones severas				**El espesor de la película seca de la mano de lavado es de 0.3 a 0.5 milésimas.					

Figura 10.6: Sistemas de pinturas.

PINTURA		
TABLA III, ESPECIFICACIONES PARA LA PREPARACION DE SUPERFICIES		
Referencia a la Tabla I	Título y objetivo	Número de especificación
1	LIMPIEZA CON DISOLVENTES Eliminación de aceite, grasa, mugre, tierra natural, sales y contaminantes con disolventes, emulsiones, compuestos para limpieza o vapor de agua.	SSPC-SP 1-63
2	LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS DE MANO Eliminación de escamas de laminación sueltas, herrumbre y pintura sueltas cepillando, lijando, rasgando o eliminando las rebabas a mano o con otras herramientas manuales de impacto, o por combinación de estos métodos.	SSPC-SP 2-63
3	LIMPIEZA CON MAQUINAS HERRAMIENTAS Eliminación de escamas de laminación sueltas, herrumbre y pintura sueltas con cepillos de alambre, herramientas de impacto, esmeriles y lijadoras mecánicas o por combinación de estos métodos.	SSPC-SP 3-63
4	LIMPIEZA A LA FLAMA DEL ACERO NUEVO Eliminación de escamas, herrumbre y otras materias extrañas perjudiciales por medio de llamas oxiacetilénicas de alta velocidad, seguida por la limpieza con cepillo de alambre.	SSPC-SP 4-63
5	LIMPIEZA A METAL BLANCO CON CHORRO A PRESION Eliminación de escamas de laminación, herrumbre, de oxidación, pintura o materia extraña por medio de chorro de arena, moyuelo o munición hasta obtener una superficie metálica de color uniforme blanco grisáceo.	SSPC-SP 5-63
6	LIMPIEZA COMERCIAL CON CHORRO A PRESION Eliminación completa de las escamas de laminación, herrumbre, escamas de oxidación, pintura o materia extraña, excepto las sombras, rayaduras o decoloraciones ligeras ocasionadas por la oxidación, el manchado, los óxidos de escamas de laminación y los residuos de pintura o recubrimientos que pueden quedar.	SSPC-SP 6-63
7	LIMPIEZA DE CEPILLADO PROFUNDO A CHORRO DE PRESION Eliminación de todos los residuos, excepto los de alto grado de adherencia de las escamas de laminación, herrumbre y pintura mediante el impacto de abrasivos. (Arena, moyuelo o munición).	SSPC-SP 7-63
8	LIMPIEZA QUIMICA Eliminación completa de las escamas de laminación, herrumbre y escamas de oxidación por reacción química, electrólisis, o por ambos procesos. La superficie debe quedar sin restos de ácido, álcali y lodos que no hayan reaccionado o sean perjudiciales.	SSPC-SP 8-63
10	LIMPIEZA A CHORRO HASTA LOGRAR UNA SUPERFICIE CASI BLANCA Eliminación de casi toda la escama de laminación, herrumbre, escamas de oxidación, pintura o materia extraña por medio de abrasivos (arena, moyuelo, munición). Pueden quedar las sombras, rayaduras o decoloraciones muy ligeras producidas por manchas de oxidación, óxidos de escamas de laminación o residuos ligeros muy adheridos de pintura o recubrimientos.	SSPC-SP 10-63T

Figura 10.7: Especificaciones para la preparación de superficies.

■ ANEXO 11: Fichas técnicas de la red de tuberías y los accesorios.



Maresminox S.L.

Suministrador Industrial de acero inoxidable

Detalle de Productos de : TUBO SOLDADO ASTM A-312 304

Descripción	Precio	Unidad
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 010 3/8"	110,00	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 015 1/2"	21,95	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 025 1"	41,62	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 032 1 1/4"	52,42	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 040 1 1/2"	59,61	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 050 2"	75,63	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 065 2 1/2"	97,78	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 080 3"	120,13	Mt
T.SOL. ASTM A-312 316L S-10 DN 100 4"	144,82	Mt

Tabla 11.1: Descripción y precio tuberías soldadas.



Maresminox S.L.

Suministrador Industrial de acero inoxidable

Detalle de Productos de : BRIDA SOLDAR 304 ISO

Descripción	Precio	Unidad	Dt	D	d	d1	d2	E	NÂ°A	To
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 015 1/2"	10,53	Ud	21,3	95	21,8	65	14	14	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 020 3/4"	12,94	Ud	26,9	105	27,4	75	14	16	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 025 1"	14,65	Ud	33,7	115	34,2	85	14	16	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 032 1 1/4"	21,22	Ud	42,4	140	42,9	100	18	16	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 040 1 1/2"	23,82	Ud	48,3	150	48,8	110	18	16	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 050 2"	30,06	Ud	60,3	165	60,8	125	18	18	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 065 2 1/2"	37,39	Ud	76,1	185	76,6	145	18	18	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 080 3"	42,38	Ud	88,9	200	89,4	160	18	20	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 100 4"	53,85	Ud	114,3	220	115	180	18	20	8	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 125 5"	75,95	Ud	139,7	250	140,5	210	18	22	8	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 150 6"	103,30	Ud	168,3	285	169	240	23	22	8	M-20
BRIDA PLANA ISO 2576 304 DN 200 8"	153,85	Ud	168,3	285	169	240	23	22	8	M-20
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 015 1/2"	14,24	Ud	21,3	95	21,8	65	14	14	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 020 3/4"	20,22	Ud	26,9	105	27,4	75	14	16	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 025 1"	22,44	Ud	33,7	115	34,2	85	14	16	4	M-12
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 032 1 1/4"	33,91	Ud	42,4	140	42,9	100	18	16	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 040 1 1/2"	37,70	Ud	48,3	150	48,8	110	18	16	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 050 2"	49,42	Ud	60,3	165	60,8	125	18	18	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 065 2 1/2"	62,76	Ud	76,1	185	76,6	145	18	18	4	M-16
BRIDA PLANA ISO 2576 316 DN 080 3"	66,41	Ud	88,9	200	89,4	160	18	20	4	M-16

Tabla 11.2: Descripción y precio bridas soldables.



Maresminox S.L.

Suministrador Industrial de acero inoxidable

**Detalle de Productos de :
TE ASTM 304 / 316**

Descripción	Precio	Unidad
TE ASTM 316L S10 DN 015 1/2"	4,96	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 020 3/4"	25,78	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 025 1"	14,34	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 032 1 1/4"	17,68	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 040 1 1/2"	36,81	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 050 2"	34,80	Ud
TE ASTM 316L S10 DN 065 2 1/2"	43,99	
TE ASTM 316L S10 DN 080 3"	46,66	
TE ASTM 316L S10 DN 100 4"	95,59	Ud

* Disponible con otros diámetros y para distintos diámetros en cada rama (20% del precio de la rama con mayor diámetro).

** Para salidas con formas especiales añadir el 30% al precio.

Tabla 11.3: Precio y descripción Tes.



Maresminox S.L.

Suministrador Industrial de acero inoxidable

**Detalle de Productos de :
CODO SOLDAR 304 MILIMETRICOS**

Descripción	Precio	Unidad	D	E	r	R
CODO 304 R-1,5 18 X 1,5	4,09	Ud	18	1,5	1,5	25
CODO 304 R-1,5 20 X 1,5	4,26	Ud	20	1,5	1,5	30
CODO 304 R-1,5 23 X 1,5	4,80	Ud	23	1,5	1,5	35
CODO 304 R-1,5 25 X 1,5	4,84	Ud	25	1,5	1,5	38
CODO 304 R-1,5 28 X 1,5	5,23	Ud	28	1,5	1,5	40
CODO 304 R-1,5 30 X 1,5	5,54	Ud	30	1,5	1,5	45
CODO 304 R-1,5 33 X 1,5	5,75	Ud	33	1,5	1,5	50
CODO 304 R-1,5 38 X 1,5	6,60	Ud	38	1,5	1,5	55
CODO 304 R-1,5 40 X 1,5	8,03	Ud				
CODO 304 R-1,5 43 X 1,5	7,57	Ud	43	1,5	1,5	65
CODO 304 R-1,5 50,8X1,5	8,57	Ud	50,8	1,5	1,5	76
CODO 304 R-1,5 53 X 1,5	9,65	Ud	53	1,5	1,5	80
CODO 304 R-1,5 63,5X1,5	14,42	Ud	63	1,5	1,5	95
CODO 304 R-1,5 73 X 1,5	15,48	Ud	73	1,5	1,5	110
CODO 304 R-1,5 76 X 1,5	18,21	Ud	76	1,5	1,5	115
CODO 304 R-1,5 84 X 2	20,01	Ud	84	2	1,5	125
CODO 304 R-1,5 104 X 2	29,03	Ud	104	2	1,5	155



Tabla 11.4: Precio y descripción codos soldables.

■ ANEXO 12: Fichas técnicas de Instrumentos de medida.



ALLARME MAX LIVELLO SERBATOI G.P.L.

HIGHEST LEVEL ALARM
FOR LPG TANKS

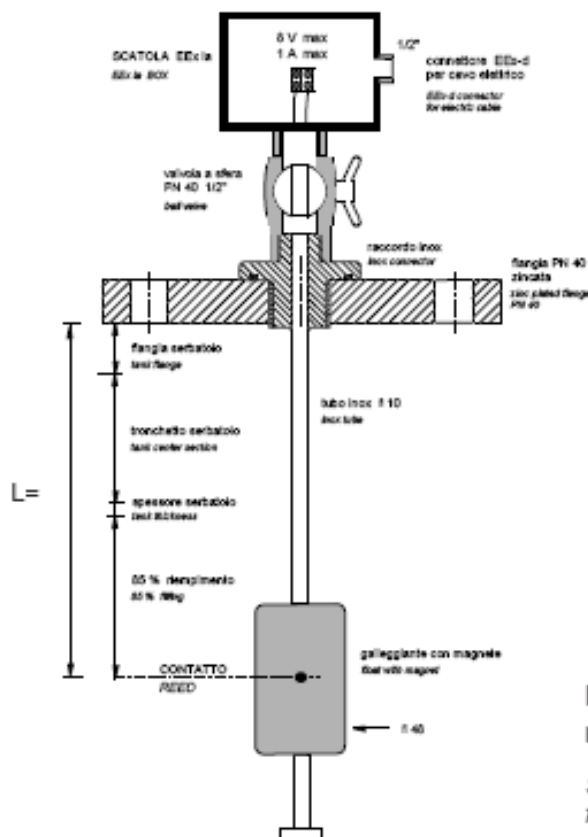
Cod. 1.70.30

Versione con l'aggiunta di allarme minimo livello Cod. 1.70.32

Version with minimum level alarm

COPRIM

Fornitura normale con flangia DN 65 PN 40
Normal supply with flange



– Esecuzione EEx ia

– Flange di attacco standard
PN 40 DN 50 - 65 UNI-DIN
Connection flanges

– ANSI 300 o altri tipi a richiesta
Other types on request

– Temp. funzionam. -20 +55°C Temperature

– U₁ tensione massima 30 Vdc Max voltage

– I₁ corrente max 100 mA Feeding

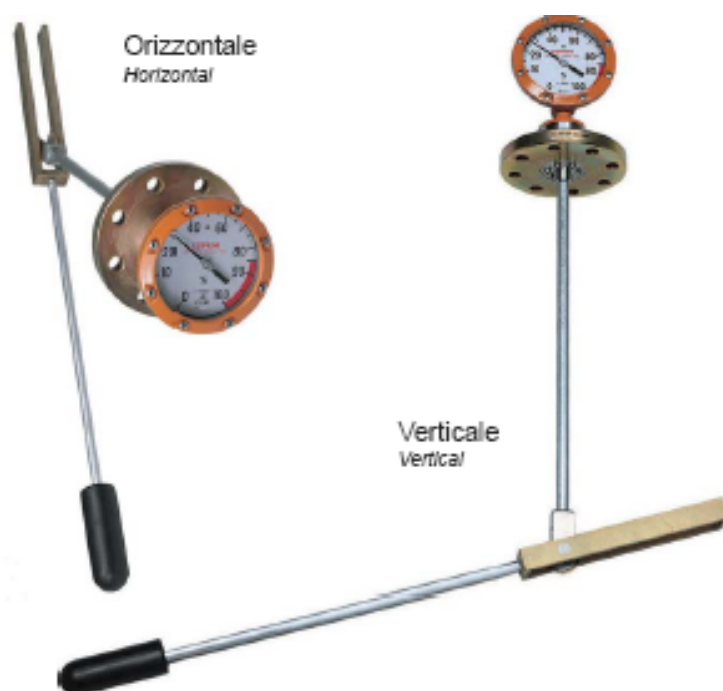
– C₁ capacità interna 0 pF

– L₁ induttanza interna 0 mH

L'alimentazione con barriera Zener non
richiede l'impianto in esecuzione EExd

System with execution EExd is not necessary
for feed with Zener barrier

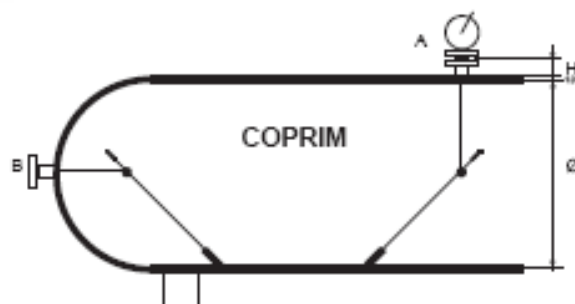
Figura 12.1: Alarma de máximo nivel de llenado.



INDICATORE DI LIVELLO A TRASMISSIONE MAGNETICA

*Level indicator
magnetic
trasmission*

A Cod. 1.70.10



B Cod. 1.70.11

dati richiesti - data request

				flangia	
A	Ø =	sp. =	H =	DN =	(DN 65)
B	Ø =	/	/	DN =	(DN 65)

L' indicatore di livello a trasmissione magnetica è uno strumento per la misura continua in percentuale del livello del liquido nei serbatoi.

The level indicator with magnetic trasmission is an instrument for the continued measurement on percentage of the liquid level in stores.

CARATTERISTICHE:

- cassa in alluminio a tenuta stagna
- quadrante D 120
- galleggiante in gomma espansa
- flangia in acciaio PN 40 o ASA 300
- temperatura -30 +50 °C
- pressione max. 40 bar

CHARACTERISTICS:

- aluminium case with soldering seal
- quadrant D 120
- float made of expanded gum
- steel flange PN 40 or ASA 300
- temperature -30 +50 °C
- max. pressure 40 bar

Figura 12.2: Indicador de nivel magnético vertical.



MANOMETRI

MANOMETERS

- CASSA INOX -
STAINLESS STEEL CASE

CARATTERISTICHE FUNZIONALI

OPERATING FEATURES

- PRECISIONE	100 mm cl. 1
Accuracy	63 mm cl. 1,6
- SOVRAPRESSIONE	25% v.f.s.
Overpressure	
- TEMPERATURA AMBIENTE	30 + 90 C
Environment temperature	
- TEMPERATURA DI PROCESSO	40 + 90 C
Process temperature	

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

ANELLO FERMAVETRO In acciaio inox AISI 304

TRASPARENTE In vetro antigraffio

GUARNIZIONE In neoprene

QUADRANTE In alluminio a fondo bianco
antingiallimento con diciture nere indelebili

INDICE bilanciato in alluminio con azzeramento
(tranne per DN 63 mm)

ELEMENTO ELASTICO molla tubolare a C in bronzo
fosforoso

MOVIMENTO AMPLIFICATORE In lega d orologeria

PERNO D'ATTACCO In OTTONE

TECHNICAL FEATURES

Inox glass-block ring AISI 304

Transparent antiscratch glass

Neoprene seal

Steel scale plate with antiaging white bottom
and black-written indelible legend

Aluminum balanced index with zero setting
(except for DN 63 mm)

Elastic element C-shaped phosphorous brass tubular spring

Orologery alloy amplifying movement

Attachment brass

BASSA PRESSIONE

LOW PRESSURE

attacco attachment		mbar	Cod.
1/4	60	60	6.14.01
1/4	60	100	6.14.02
1/4	60	250	6.14.03
1/2	100	60	6.14.04
1/2	100	100	6.14.05
1/2	100	250	6.14.06

ALTA PRESSIONE con glicerina

HIGH PRESSURE with glycerine

attacco attachment		bar	Cod.
1/4	60	1	6.14.10
1/4	60	2,5	6.14.12
1/4	60	6	6.14.14
1/4	60	25	6.14.17
1/2	100	1	6.14.20
1/2	100	2,5	6.14.22
1/2	100	4	6.14.23
1/2	100	6	6.14.24
1/2	100	10	6.14.25
1/2	100	25	6.14.26
1/2	100	40	6.14.27
1/2	100	100	6.14.28
1/2	100	160	6.14.29

Figura 12.3: Manómetro.



TERMOMETRO PER STOCCAGGI GPL

LPG STORAGE THERMOMETER

TERMOMETRO A BULBO
DN 100 - ATTACCO RADIALE
SCALA -30° + 70°C IN AISI 304
CON VALVOLA DI INTERCETTAZIONE
E FLANGIA CON TASCA TERMOMETRICA "

F Ø 1/2" DN 15

TQ1E1550-025	PER SERBATOI 10-12 MC.
TQ1E1800-025	PER SERBATOI 15 MC
TQ1E2000-025	PER SERBATOI 20 MC
ALTRE MISURE A RICHIESTA	

Figura 12.4: Termómetro.



INDICATORE DI FLUSSO LIQUIDO

a trasmissione
magnetica

(a richiesta)

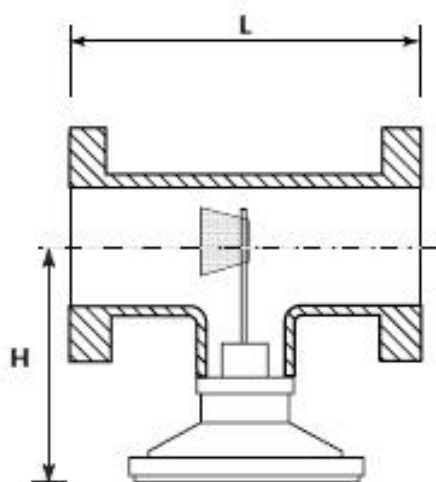
PN 40 - ANSI 300

**MAGNETICAL FLOW
INDICATOR FOR LIQUID**



Tipo	L	H
DN 50	193	155
DN 65	193	155
DN 80	225	165
DN 100	260	175
DN 150	345	220

Cod.
1.88.10
1.88.15
1.88.20
1.88.25
1.88.30



- Quadrante sostituibile $D = 120$
Replaceable dial
- Temperatura di servizio $-40 + 80$
°C Working temperature
- Trasmissione magnetica dell'indicazione.

Figura 12.5: Indicador de flujo magnético.

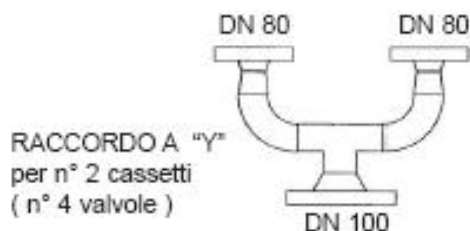
■ ANEXO 13: Fichas técnicas de valvulería.



CASSETTO PER VALVOLE DI **GPL** SICUREZZA - Per serbatoi stoccaggio

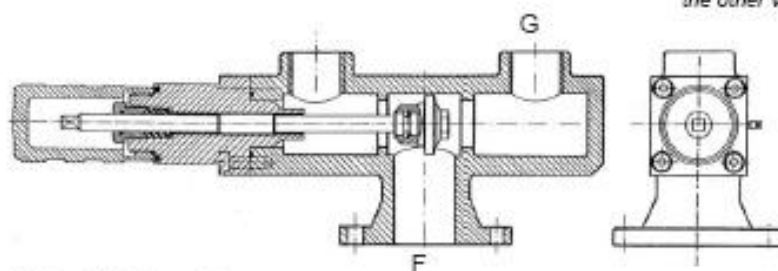
Pressure relief valve manifolds - For storage tanks

ESECUZIONE IN ACCIAIO ASTM A 352 LCB
PROVA DI COLLAUDO: 40 BAR
PROVA DI TENUTA: 23 BAR
TEMPERATURA - 40 + 50 °C



Cassetto a doppia valvola di sicurezza.
Consente di smontare una valvola di
sicurezza per volta, assicurando il
funzionamento dell'altra.

*Manifold with double relief valve.
It makes possible to disassemble a relief valve
once for time, guaranteeing the functioning of
the other valve.*



La flangia di attacco F
può essere fornita di qualsiasi
dimensione, sempre in esecuzione
PN 40 o ANSI 300.

Tubi di sfiato in acciaio inox
con dispositivo anti-pioggia L = 2 mt



CASSETTO	Tipo	G	Cod.
	CVS 30	NPSH 1" 1/4	1.70.90
	CVS 40	NPT 1" 1/2	1.70.91
	CVS 50	NPT 2"	1.70.92
	CVS 65	NPT 2" 1/2	1.70.93

senza valvole di sicurezza
without safety valves

Figura 13.1: Colector para válvulas de seguridad.



VALVOLA DI SICUREZZA per serbatoi stoccaggio **GPL** **VS 65** *RELIEF VALVES*

OMOLOGATA **PED**
Pressure Equipment Directive
European Standard

Cod. 1.70.99

ISPESEL **CE** 0100

Caratteristiche tecniche: *Technical features*

Pressione nominale **PN 40**
Nominal pressure

Diametro **2" - 2"1/2 NPT**

Pressione di taratura : **17,65 bar**
Setting pressure

Possibili pressioni di taratura : **4 ÷ 20 bar**
Setting range

Coeff. di efflusso **k = 0,65**
Discharge coefficient

Portata garantita (aria) **248 Nmc / min**
Flow rate

Campo di temperatura : **- 40 + 100°C**
Temperature range

Materiali: *Materials*

Corpo : acciaio inox *Body in inox steel*

Ghiera e otturatore : ottone
Ring nut and shutter in brass

Molla : inox *Spring in stainless steel*

Pastiglia otturatore : HNBR *Clogger pellet HNBR*

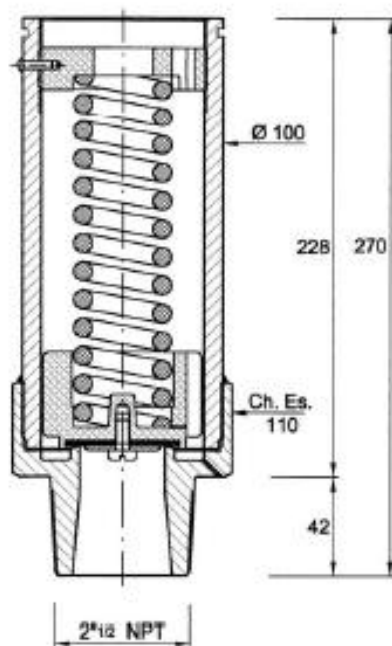


Figura 13.2: Válvulas de seguridad.



VALVOLA ECCESSO DI FLUSSO

EXCESS FLOW VALVE



CARATTERISTICHE:

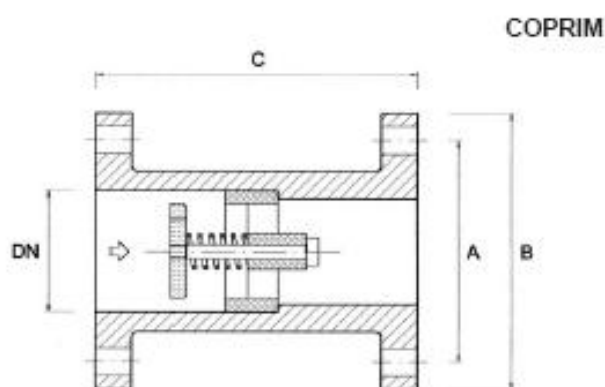
Characteristics:

Corpo in acciaio
Steel body

Attacchi flangiati PN 40
Flanged attachment

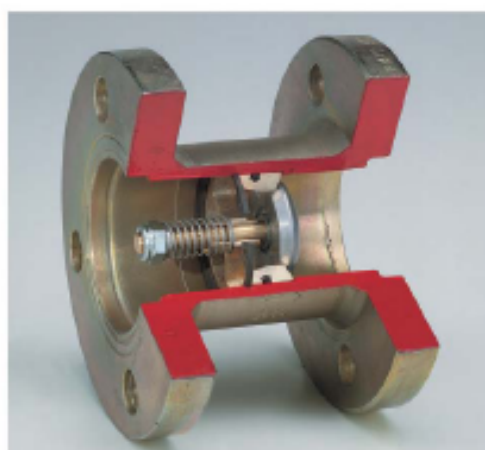
Pressione di collaudo 40 bar
Test pressure

Temperatura di servizio - 40 + 50 °C
Working temperature



DN	A	B	C	Cod.
15	65	95	87	1.87.05
20	75	105	110	1.87.08
25	85	115	108	1.87.11
32	100	140	110	1.87.14
40	110	150	110	1.87.17
50	125	165	120	1.87.20
65	145	185	140	1.87.23
80	160	200	150	1.87.26
100	190	235	210	1.87.29
150	220	300	230	1.87.32

Figura 13.3: Válvula de exceso de flujo.



VALVOLA DI NON RITORNO

NON RETURN VALVE

- A TENUTA MECCANICA -
Mechanical seal



CARATTERISTICHE:

Characteristics:

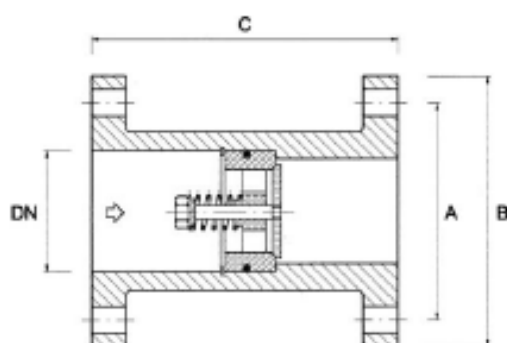
COPRIM

Corpo in acciaio
Steel body

Attacchi flangiati PN 40
Flanged attachment

Pressione di collaudo 40 bar
Test pressure

Temperatura di servizio - 40 + 50 °C
Working temperature



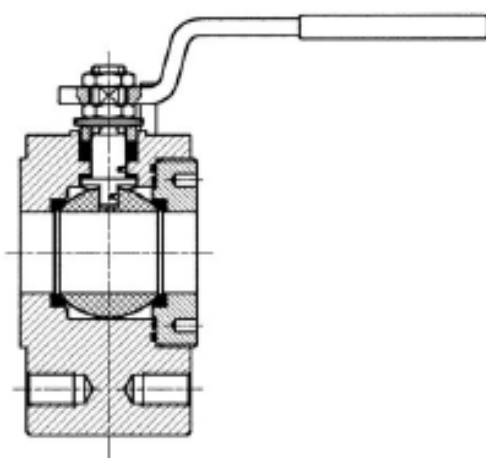
DN	A	B	C	Cod.
15	65	95	87	1.87.50
20	75	105	110	1.87.53
25	85	115	108	1.87.56
32	100	140	110	1.87.59
40	110	150	110	1.87.62
50	125	165	120	1.87.65
65	145	185	140	1.87.68
80	160	200	150	1.87.71
100	190	235	210	1.87.74
150	220	300	230	1.87.77

Figura 13.4: Válvula antirretorno.



VALVOLE A SFERA IN ACCIAIO PN 40 A CORPO PIATTO

STEEL BALL VALVE - WAFER TYPE



CARATTERISTICHE - FEATURES

fire-safe

antistatiche - antistatic

sfera inox - stainless steel ball

Omologate

CE - PED

DN	A 105 PN 40	LF2 - 40 C PN 40	A 105 ANSI 600
	cod	cod	cod
15	3.08.01	3.08.11	3.08.53
20	3.08.02	3.08.12	3.08.54
25	3.08.03	3.08.13	3.08.55
32	3.08.04	3.08.14	3.08.56
40	3.08.05	3.08.15	3.08.57
50	3.08.06	3.08.16	3.08.58
65	3.08.07	3.08.17	3.08.59
80	3.08.08	3.08.18	3.08.60
100	3.08.09	3.08.19	3.08.61

Figura 13.5: Válvula de bola.

ATTUATORI PNEUMATICI

a semplice effetto - aria apre/molla chiude -



COPRIM

PNEUMATIC ACTUATOR

- simple effect -
air opens / spring closes -

Pressione di lavoro 4 - 8 bar

Air pressure operation

tipo type	Valvole a sfera Ball valves DN	cod
AP 75	20-25	3.90.01
AP 85	32	3.90.03
AP 100	40-50	3.90.05
AP 125	65 - 80	3.90.06
AP 160	100	3.90.08

Completi di kit di montaggio
With mounting kit

- staffa bracket
- perno adattatore adapter pin
- bussola bush
- viti screws



tipo type	Valvole a farfalla Butterfly valves DN	cod
AP 75	50 - 65	3.90.01
AP 85	80 - 100	3.90.03
AP 100	125 - 150	3.90.05
AP 125	200	3.90.06
AP 160	250	3.90.08

Completi di kit di montaggio
With mounting kit

- flangetta flange
- viti screws

Figura 13.6: Actuador neumático.



FILTRI a Y in acciaio Steel filter PN 40

Test pressione corpo 100 bar
Body pressure test

Test pressione pneumatica 10 bar
Pneumatic pressure test

MATERIALI E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE - Features

Corpo in acciaio ASTM A 352 LCC
-40 + 120 °C - Steel body

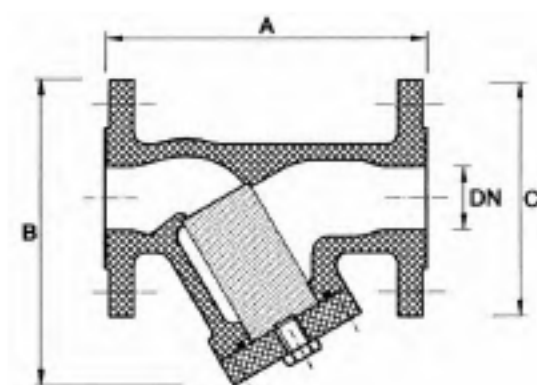
Cartuccia in acciaio inox Ni/Cr
Stainless steel cartridge

Guarnizione di tenuta - Gasket
A seconda dell'impiego di temperatura
Different type depending by temperature

-Spirometalliche per T > 120 °C
Spiral metallic

IMPIEGHI - Use

Per acqua, gas, GPL, liquidi non aggressivi
e vapore.
For water, gas, not agent liquid, vapor.



DN	A	B	C	peso Kg	Cod.
25	160	150	115	5,5	6.15.05
32	180	180	140	7,5	6.15.10
40	200	190	150	8	6.15.15
50	230	240	165	12	6.15.20
65	280	260	185	15	6.15.25
80	310	260	200	21	6.15.30
100	350	320	235	28	6.15.35
150	380	350	300	35	6.15.40

Figura 13.7: Filtro.



TODO-GAS®

Las conexiones TODO-GAS® son utilizadas en una gran variedad de aplicaciones GPL, desde el empleo en el exigente día a día en los surtidores de gas para vehículos, hasta los sofisticados sistemas de recuperación de vapores. Fácil de conectar y desconectar, la conexión TODOGAS® puede ser operada con una sola mano y ofrece emisiones extremadamente bajas en la desconexión. Gracias a estas prestaciones, las conexiones TODO-GAS® son ideales para el reabastecimiento de vehículos sin necesidad de supervisión y, dado el nivel de emisión de 0,15 cc por desconexión, es posible el abastecimiento incluso en recintos cerrados.

PARTICULARIDADES

- Los más bajos niveles de emisión en la desconexión.
Garantiza el cumplimiento de las normas actuales y futuras referentes a la protección del medioambiente.
- No hay fugas de líquido en la desconexión.
Quedan excluidas las quemaduras por frío del operario y las pérdidas del producto se reducen prácticamente a cero.
- Las válvulas se cierran herméticamente antes de que se pueda desconectar.
Mejora de la seguridad mediante la exclusión de errores humanos.
- Apertura y cierre automático de las válvulas.
Sin necesidad de accionar palancas ni mangos.
- Conexión y desconexión rápidas.
Ahorra tiempo y simplifica el manejo.
- Diseño y construcción de la más alta calidad.
Conforme a todas las normas significativas, incluido P.E.D. clase II, (donde proceda).
- Articulación giratoria integral.
Permite un movimiento libre de la conexión sin que la manguera sufra fuerzas de torsión.

FUNCIONAMIENTO

Mediante un giro de 15° en el sentido de las agujas del reloj ambas piezas quedan acopladas firmemente. En esta posición las válvulas aun quedan cerradas y solamente abren cuando se realiza otro giro de 90°. El flujo de la sustancia está asegurado. Para cerrar las válvulas y separar las piezas, invertir el proceso.

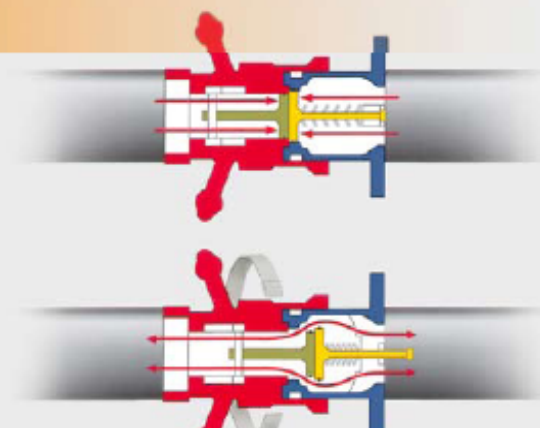


Figura 13.8: Racores para conexión mangueras.



Figura 13.9: Tapones de protección para racores.



Figura 13.10: Válvula dead man.

■ ANEXO 14: Fichas técnicas de la bomba y el bypass.

PRINCIPLES OF THE CORKEN CORO-FLO® PUMP

The Corken Coro-Flo® pump is a special type of pump known as a turbine or regenerative pump. The liquid flows into the inlet nozzle and into the passageway on each side of an impeller (the rotating element) and is recirculated constantly between the vanes or teeth of the impeller and this passageway as the impeller rotates. The fluid makes a complete revolution in the pump case and is diverted out the outlet nozzle. The horsepower required to drive the pump increases as the differential pressure increases, but the capacity decreases at the same time. Differential pressure is the difference between the pressure at the inlet of the pump and at the outlet of the pump.

The impeller is the only moving part and has no contact with the casing. Consequently, practically no wear occurs to the impeller, even when pumping volatile liquids such as LP-gas or ammonia which have little lubricating qualities.

EXCLUSIVE FEATURES OF YOUR CORKEN CORO-FLO® PUMP

The pumping of volatile liquids is one of the most difficult of all pumping applications. Unlike other pumping applications, more attention must be given to the design, manufacture, installation and operation of the pump.

In addition to being a pump type especially suited for handling volatile liquids, your CORO-FLO® pump has a number of features which help to make it more easily operated and maintained.

The CORO-FLO® pumps of this series are manufactured to be directly connected to an electric motor (direct mount) or with their own frame for connection by means of a flexible coupling (frame mount).

UNDERWRITERS' LABORATORIES, INC. have tested and inspected the CORO-FLO® pumps of this series and have listed them for use in the handling of LP-gas and ammonia fluids. The nameplate on the pump includes the UL registration.

DUCTILE IRON has been used in the manufacture of this pump for parts under pressure.

THE IMPELLER floats on a shaft and may be replaced easily without disturbing the piping or driver by simply removing the cover. No special tools are needed.

THE MECHANICAL SEAL ASSEMBLY may be replaced easily by removing the cover and impeller without disturbing the piping or driver. No special tools are needed.

THE PUMP NOZZLES MAY BE ROTATED into four different positions, 180 degrees apart, if desired.

PRESSURE GAUGE CONNECTIONS, 1/4" FNPT, are provided on the inlet and outlet nozzles.

INSTALLATION OF YOUR CORKEN CORO-FLO® PUMP

THE INSTALLATION OF A CORO-FLO® pump is simple. However, in order for the pump to deliver optimum performance, the principles discussed in this book should be followed. The piping details are furnished to illustrate methods proved by hundreds of installations. Your own needs may require slight variations, but every effort should be made to follow the recommendations identified in this manual.

For the transfer of flammable liquids like LPG, the pump assembly must be installed according to the applicable local safety and health regulations. The installer and/or the user must take into account the following:

- Potential risk due to local conditions regarding the installation and operation (e.g. poor ventilation and additional risks due to other elements in the vicinity, etc.).
- Qualification of the personnel.
- Type of liquid being transferred.
- Specific safety measures to be applied (e.g. gas detection, automatic shut-off valves, personal protection equipment etc.).

For more detailed piping arrangements, request Engineering Data book Z400 (refer to pages 14 - 16).

The following table shows the weight of the bare pump for each model. For handling a bare pump, lifting slings should be placed around the inlet and outlet flange neck of the pump. Web slings are preferred over metal slings to minimize damage to the paint.

Model	Shipping Weight	
	Lbs.	Kg.
Frame Mount	63	28.6
Direct Mount	75	34.0

Figura 14.1: Bomba (1/4).

IF IT IS DESIRABLE TO ROTATE THE NOZZLES of the pump, remove the four cap screws on the pump case and rotate pump casing to desired position (figures 8 and 9, pages 12 and 13). Be careful to do this without moving the case away from the mounting frame; otherwise, the mechanical seal may be damaged.

NO PUMP CAN DISCHARGE MORE LIQUID THAN IT RECEIVES, so the location and the inlet piping must be given careful attention. If the inlet piping is inadequate to supply the demand of the pump, you may expect trouble! The inlet line size should be the same size as the pump suction or next size larger. Pressure loss between the storage tank and the pump should be minimized.

THE PUMP SHOULD BE LOCATED AS CLOSE TO THE STORAGE TANK as possible. The complete inlet line, including the vertical line from the tank, should not exceed 12 feet (3.6 m) in length. The bottom of the tank should be at least two feet (0.6 m) above the pump inlet nozzle, and four feet (1.2 m) should be considered standard.

The inlet should include the following:

1. The tank excess flow valve (EFV) should have a flow rate of 1-1/4 to 2 times the capacity of the pump. Do not use an EFV without knowing its flow capacity.
2. Pressure gauge at pump suction nozzle.
3. The tank shutoff valve should be a full port ball valve or an internal valve.
4. A strainer of the "Y" type, with a 20 mesh screen, should be on the inlet line of the pump.
5. A flexible connection should be used on the pump inlet or outlet to care for piping strains.
6. An eccentric swage should be used at the pump inlet nozzle to change line size (flat side up).
7. The inlet line must be level or slope downward to the pump.

The outlet piping should include the following:

1. A pressure gauge should be installed in the opening provided on the outlet nozzle or in the outlet piping near the pump. This pressure gauge

will tell you the complete story of the operation inside your pump. Be sure you have one installed.

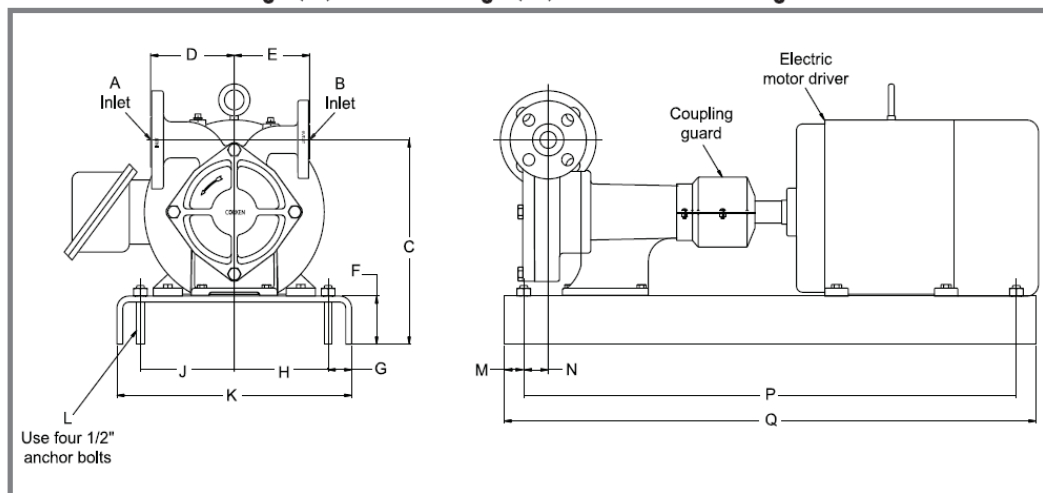
2. A hydrostatic relief valve is required to be installed in the outlet piping.
3. If the outlet piping exceeds 50 feet (15.2 m) in length, a check valve should be installed near the pump outlet.

The bypass system must include the following:

1. The pump bypass system must be installed. Without this system, the pump has little chance of performing.
2. A CORKEN B166 BYPASS VALVE (a special valve to vent the pump of vapors and to act as a differential relief valve) is ideal.
3. The bypass line should rise uninterrupted to an opening in the vapor section of the storage tank. The tank fitting should be either an excess flow valve or a vapor return valve; it should never be a filler valve or a back check valve.
4. To meet Underwriters' Laboratories (UL) specifications, an external bypass valve must be connected in the piping between the pump discharge nozzle and the supply tank for pump recirculation. When bypassing the full output of the pump, the external bypass valve must limit the differential pressure to 125 pounds per square inch.

Figura 14.2: Bomba (2/4).

Frame Mount ANSI Flange (FF) and DIN Flange (FD) with -101 Mounting



Flange Dimensions		
Model	A (inlet)	B (outlet)
FF075 & FF150	1-1/4" ANSI 300#	1-1/4" ANSI 300#
FD075 & FD150	DIN 2635, 40 PN, 32 mm	DIN 2635, 40 PN, 32 mm

C Dimensions All Models	
182T-215T Frame	12-3/4" (32.40)
254T-256T Frame	13-3/4" (34.94)

Outline Dimensions For 182T-256T Frame—Inches (centimeters)											
D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q
5-11/32 (13.57)	4-13/16 (12.23)	3 (7.62)	1-1/2 (3.81)	6 (15.24)	6 (15.24)	15 (38.10)	1/2 Bolts (1.27)	1-1/4 (3.17)	1-9/16 (3.97)	31-1/2 (80.01)	34 (86.36)

Material Specifications

Part	Model	Standard Material	Optional Material
Case, cover	All	Ductile iron ASTM A536	
Impeller	All	Copper alloy ASTM B584, UNS C92300 (also known as Navy Bronze)	Steel Stainless steel
Impeller key	All	Steel, zinc plated	
Seal seat	All	Silicon carbide	
Seal rotor	All	Carbon	
Seal metal parts	All	Stainless steel	
Seal sleeve	All	Stainless steel	
Seal housing	All	Stainless steel	
Shaft	All	Steel	Stainless steel
Frame	FF/FD	Gray iron ASTM A48, Class 30	
	DLF/DLD	Ductile iron ASTM A536	
Bearing cap	All	Ductile iron	
O-rings	All	Buna-N	Neoprene ¹
Retainer rings	All	Steel	
Ball bearings	All	Steel	

¹Neoprene® is a registered trademark of the DuPont company.

Figura 14.3: Bomba (3/4).



LPG Coro-Flo® Pumps

075- and 150-Models—Features & Specifications

Equipment Type & Options

Regenerative turbine liquid pump
Foot mounted (FF075, FD075, FF150 or FD150)
Direct mounted (DLF075, DLD075, DLF150 or DLD150)
All have either 300# ANSI or DIN flanges

Applications

Under & aboveground autogas dispensing
Multiple cylinder filling stations
Vaporizer feed—high pressure
Direct, high pressure asphalt burner feed

Features & Benefits

Regenerative turbine type:	Able to handle liquefied gases without flashing
High flows and differential pressures:	Ideal for dual hose dispensers and multiple dispensers
Heavy duty bearings:	Long bearing life
Single mechanical seal:	Very easy seal replacement and maintenance
Floating impeller:	Long impeller life, lower maintenance
ANSI or DIN metric fasteners optional:	Usability for US or overseas applications
Runs at 50 or 60 cycle (Hz):	Usability for US or overseas applications
Two mounting options:	Direct and frame mount for optimal versatility

Operating Specifications

Inlet:	1-1/4" ANSI 300# RF (DIN opt.)	Max. diff. press. for 075-model: 150 psig (10.3 bar)
Outlet:	1-1/4" ANSI 300# RF (DIN opt.)	Max. diff. press. for 150-model: 250 psig (17.2 bar)
RPM:	3450 @ 60 Hz, 2880 @ 50 Hz	Temperature range: -25° to 225°F (-32° to 107°C)
Max. wk. press.:	400 psig (27.6 bar)	Flow range for 075-model: 10 to 40 gpm (37.9 to 151.4 L/min)
Max. driver:	20 hp (15 kW)	Flow range for 150-model: 12 to 58 gpm (45.4 to 219.6 L/min)

2880RPM-50HZ

150-Model—Performance

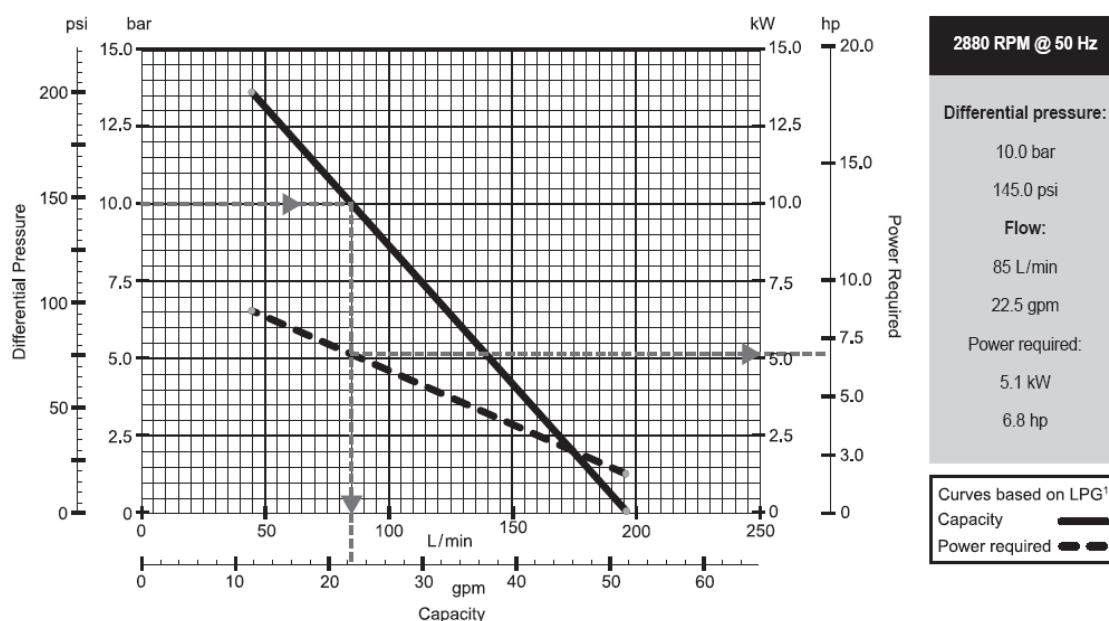


Figura 14.4: Bomba (4/4).

THE CORKEN B166 VALVE

Your new CORKEN B166 Valve (Figure 1) is a patented, dual purpose automatic priming and differential bypass valve especially designed for high pressure volatile liquid service, but it is suitable also as a bypass valve for handling stable liquids. The B166 Valve was developed for use with the CORKEN Coro-Flo turbine regenerative pumps to keep the pump primed at all times and to act as a differential bypass when needed. The B166 is also ideal for centrifugal and other pumps.

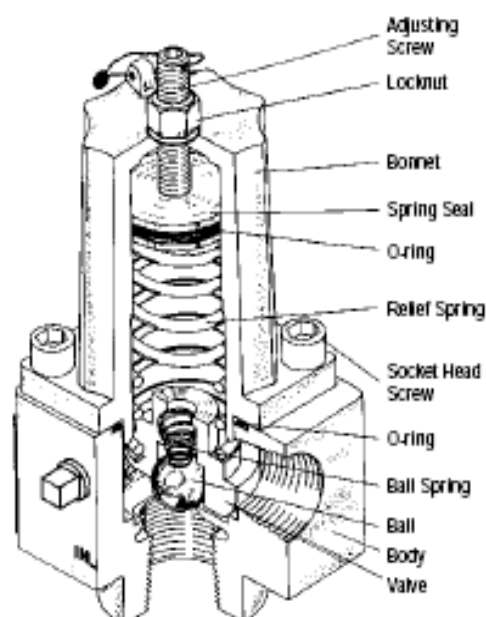


Figure 1. B166 Construction Details

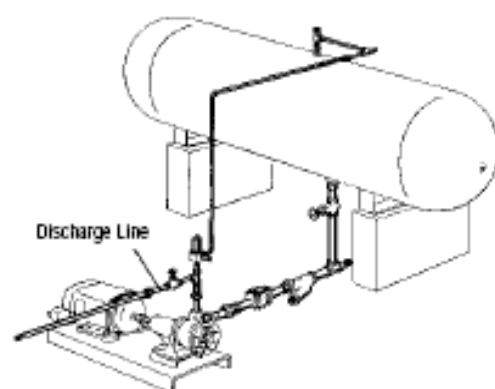


Figure 2. Typical Installation

INSTALLATION OF B166 VALVE

Proper installation of the CORKEN B166 Valve will ensure optimum performance of the pump as well as the valve. Install your B166 Valve on the discharge side of the pump, either vertically or horizontally. All CORKEN Coro-Flo turbine pumps have a 3/4" NPT opening in the discharge nozzle for piping this valve. For other pumps a tee in the discharge line must be provided. The discharge piping from the valve should go to the vapor section of the supply tank into an excess flow valve, **not a back check valve**. The typical installation is shown in Figure 2. The recommended valve discharge pipe line sizes are given in the table below. For distances of 50 feet or more, the next larger pipe size should be used.

Recommended Valve Discharge Line Sizes

Flow Rate GPM	B166 Valve Size	
	3/4"	1"
Up to 20	3/4"	3/4"
Up to 40	1"	1"

ADJUSTMENT OF CORKEN B166 VALVE

The proper setting of the valve must be made at the time of installation. Start the pump and circulate liquid through the valve back to the tank. Turn the valve adjusting screw out (counterclockwise) to decrease the pressure and in (clockwise) to increase the pump discharge pressure.

Adjust the valve to open at the maximum pump pressure required to fill all containers.

Tighten the lock nut and permit the pump to circulate liquid through the valve. On stationary applications, if the motor overload protection device stops the motor, readjust the valve by turning the screw out another turn or two.

Once a satisfactory pressure adjustment has been made, attach the "tamper-proof" seal furnished with your valve to prevent unauthorized valve adjustment. On installations where the pump has an internal safety relief valve, the B166 bypass valve should be set at a pressure slightly lower than the pump internal safety relief valve.

NOTE:

On LP-gas installations, a maximum differential pressure of 125 psi is allowed by Underwriters' Laboratories, Inc.

Figura 14.5: Válvula de Bypass.

■ **ANEXO 15: Ficha técnica del surtidor.**



*Distributore GPL serie "LPG6000BP"
con testata elettronica HT-TE*



testo in lingua italiana

petrolmeccanica srl – Via Tolara di Sopra 51 – 40064 Ozzano Emilia (BO) ITALY
Tel. +39051794611 fax +39051797819 – e-mail : info@petrolmeccanica.it
WEB : www. petrolmeccanica.it

Figura 15.1: Ficha técnica del surtidor (1/4).

Il distributore di G.P.L. modello "LPG600BP" a bandiera è una evoluzione tecnologica del modello base "LPG6000". Viene prodotto nelle versioni singola e doppia erogazione, bifronte o monofronte. Può essere equipaggiato solo con testate elettroniche.

Le parti comuni con il modello base sono :

MISURATORE - Del tipo a quattro pistoni e quattro cilindri con trattamento inossidabile. Precisione $\pm 0,5\%$. Volume ciclico uguale a 0,5 litri.

VALVOLA DIFFERENZIALE - Del tipo a pistone con doppia tenuta contrapposta. Evita la formazione di bolle gassose dopo il degasatore, protegge il misuratore dai colpi d'ariete, chiude l'erogazione in caso di anomalie di pressione.

MONOBLOCCO DEGASATORE - E' composto da diversi elementi come :

- Filtro inossidabile
- Valvola non ritorno degasatore
- Campana degasatore capacità 2 litri
- Valvola di sicurezza
- Valvola non ritorno misuratore

ELETTROVALVOLA BISTADIO - L'elettrovalvola alimentata a 24 Vac direttamente dalla testata elettronica, consente un rallentamento ed una chiusura precisa all'importo predeterminato. E' del tipo ad azionamento diretto non servo-comandato, il che significa che si può aprire anche con un ΔP uguale a 0.

VALVOLA A SFERA - La suddetta valvola viene utilizzata in caso di manutenzione alle parti idrauliche, per ridurre la fuoriuscita di GPL.

MANOMETRI - Ogni circuito idraulico è dotato di due manometri a bagno di glicerina, uno rileva la pressione di erogazione e l'altro la pressione di ritorno della fase gassosa.

VETRO SPIA - Del tipo a visibilità totale con due vetri temperati e mulinello interno.

VALVOLA ANTISTRAPPO - Del tipo a strappo per trazione laterale. Rottura a 210 N .

TUBO EROGAZIONE - Del tipo a doppia maglia di acciaio, idoneo per GPL.

PISTOLA DI EROGAZIONE - Disponibile in diversi modelli e tipi di attacco, secondo il paese di destinazione.

Le parti diverse dal modello base sono sostanzialmente le seguenti :

FASCIAME - Del tipo a bandiera con involucro per la parte idraulica separata dalla parte di conteggio e di visualizzazione dati. La parte idraulica è contenuta in robusto telaio verniciato a polvere, protetta da pannelli dotati di chiavi ed è opportunamente ventilata. La colonna di acciaio inox contiene le scatole elettriche di connessione, ed il micro-interruttore di marcia/arresto. Funge da sostegno per il contenitore delle parti elettroniche, supporta il portapistola, il bottone di start/stop, i manometri, il vetro spia. Si può ispezionare in tre punti diversi, consentendo una facile manutenzione. Dalla colonna passano anche i cavi in ingresso sulla testata separati da barriera verticale tipo 2. L'involucro della parte elettronica ha un grado di protezione IP54, è dotato di serratura con chiave e contiene la testata elettronica, il display, la tastiera cambio prezzo, l'illuminazione.

PULSER - E' alloggiato sopra il misuratore, ed è contenuto in scatola antideflagrante. Trasmette 1 impulso per 1 cl. su due canali sfasati. E' opportunamente piombato per evitare manomissioni. E' costruito in versione antideflagrante secondo EN 50018:1995 (CEI 31-1).

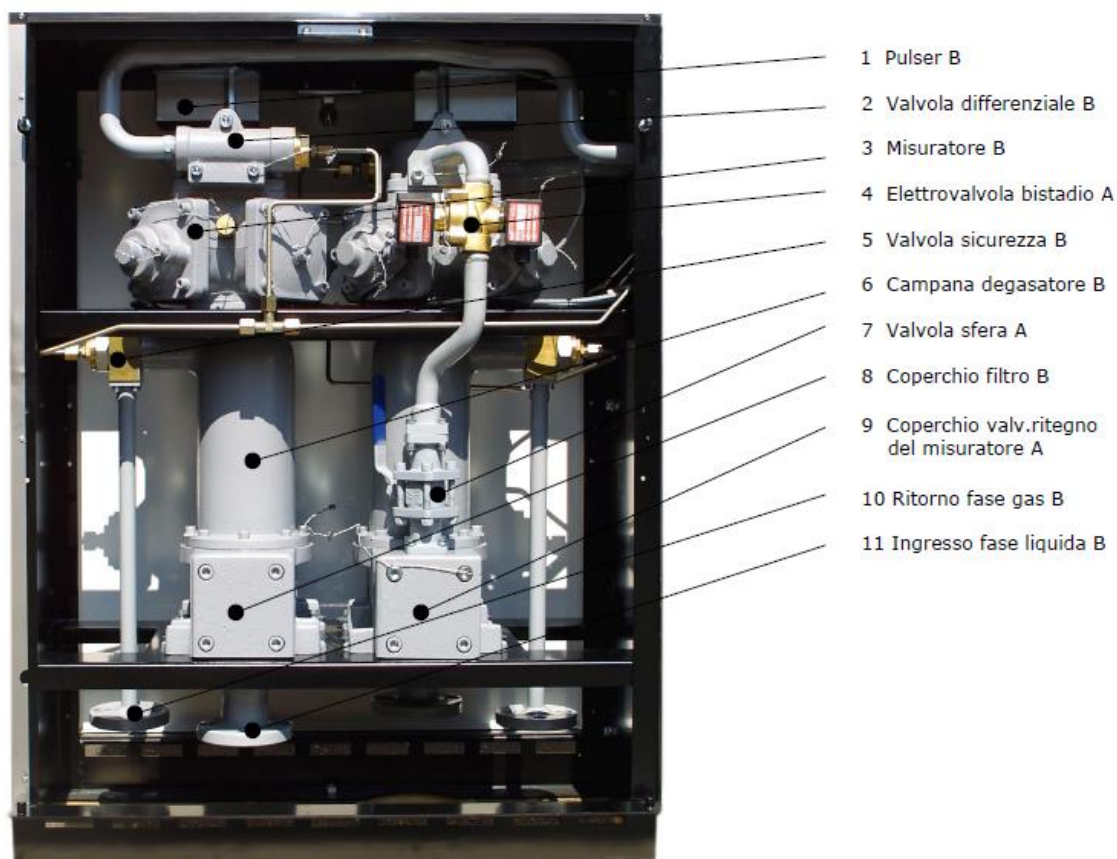
TESTATA ELETTRONICA - Tipo HT-TE con trasmissione seriale per connessioni remote a rete Pumalan. Dotata di un display LCD retroilluminato, con totalizzatore incorporato elettromeccanico non azzerabile. Un secondo display senza totalizzatore retroilluminato viene fornito nella versione bifronte. La testata è dotata di autodiagnosi per l'individuazione dei guasti. I dati rimangono permanentemente memorizzati. Sui display i dati rimangono per 30 minuti dopo una caduta di tensione.

PREDETERMINAZIONE PREZZI - Ci sono due versioni disponibili. Il primo tipo prevede bottoni di preselezione montati sull'involucro della testata il secondo tipo prevede una tastiera HT-PUL da alloggiare sulla parte esterna della colonna.

SCATOLE ELETTRICHE DI CONNESSIONE - Tutte le scatole elettriche installate in ZONA 1 sono del tipo antideflagrante costruite secondo EN 50018:1995 (CEI 31-1)

Figura 15.2: Ficha técnica del surtidor (2/4).

FASCIAME IDRAULICA DOPPIO LATO B



Preset con HT-PUL

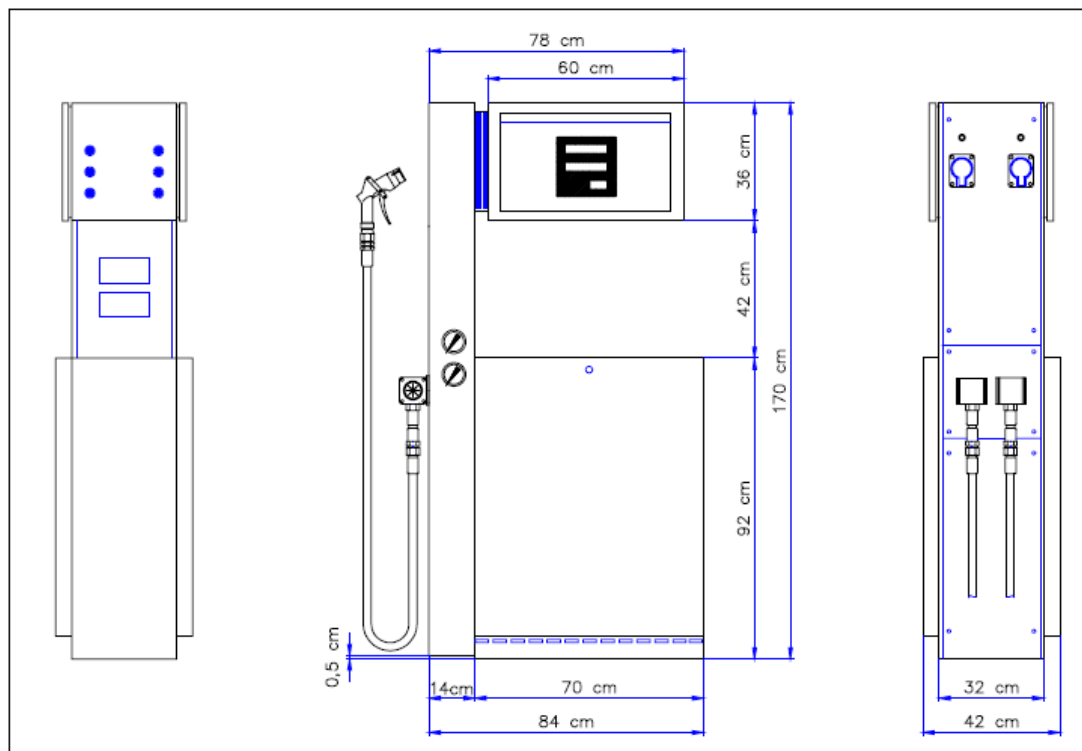


Preset sulla scatola testata



Particolare testata retroilluminata

Figura 15.3: Ficha técnica del surtidor (3/4).



DATI TECNICI

ALIMENTAZIONE : 230 Vac

FREQUENZA : 48-62 Hz

ASSORBIMENTO : Singolo 89 Watt con elettrovalvola , doppio 150 Watt con elettrovalvola

PESO : singolo 150 kg. Doppio 240 kg.

MAX PRESSIONE D'ESERCIZIO CONSIGLIATA : 18 bar (questa pressione è consigliata per ottenere le migliori prestazioni ed una vita duratura dei componenti)

PRESSIONE NOMINALE : 25 bar (questa pressione è lo standard di progetto dei componenti)

PRESSIONE DI TEST (prova di tipo) : 40 bar

TEMPERATURA DI ESERCIZIO : -25 C° + 55 C° (Disponibile versione per -40 C°)

PRECISIONE MISURATORE : +/- 0,5%


Il modello LPG6000BP è approvato dal Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato per il rispetto della fede pubblica (in accordo con gli standard internazionali armonizzati - OIML).

ATEX - CE-Esame di Tipo Certificato Numero: FTZÙ 03 ATEX 0405


Tutte le informazioni possono essere modificate in qualsiasi momento senza preavviso e non rappresentano un impegno da parte della Petrolmeccanica.

Figura 15.4: Ficha técnica del surtidor (4/4).

ANEXO 16: Ficha técnica de la Puesta a Tierra.




www.cotrako.it



NEW

SISTEMA ELETTRONICO DI MESSA A TERRA PER AUTOBOTTI
BOBTAIL ELECTRONIC GROUNDING SYSTEM



CARATTERISTICHE:
 L'apparecchiatura elettronica GRD 4200 assicura la messa a terra dell'autocisterna durante le operazioni di carico e scarico di liquidi infiammabili in luoghi con pericolo di esplosione. Il funzionamento è basato sul rilievo del parametro resistivo che ne garantisce la messa a terra ed il controllo della pompa di carico e scarico.

CONSTRUZIONE :
 Corpo e coperchio in lega di alluminio esente da rame. Viti di chiusura coperchio in acciaio inox. Viti di terra interne/esterne. Staffe per il fissaggio. Pinza di collegamento completa di cavo di collegamento da 8 metri. Pulsante di inserzione, spia rossa di blocco e spia verde di consenso. Sistema elettronico interno di messa a terra. Pressacavo in ottone nichelato. Verniciatura epossidica Ral 7035. Due imbrocchi diam. 3/4" filettati ISO7/1.

OPZIONI :
 Altre filettature a richiesta. Altre alimentazioni a richiesta. Verniciatura interna anticorrosione. Kit IP 66/67. Valvola di sfiato e drenaggio.

FEATURES
 The GRD 4200 electronic equipment provides earthing for tanker lorries during loading and unloading operations for flammable liquids in places where there is danger of explosion. Functioning is based on reading the resistive parameter to guarantee the earthing connection and to control the pump during loading and unloading.

CONSTRUCTION
 Body and cover in copper-free aluminium alloy. Stainless steel closing bolts for cover. Internal/external earth screws. Fixing lugs. Connecting clamp complete with 8 meters of cable. Push button insertion, red stop light and green go light. Internal electronic earthing system. Nickel-plated brass cable gland. Ral 7035 epoxy coating. Two hubs diam. 3/4" ISO 7/1 threaded

OPTIONS
 Other threads on request. Other voltage on request. IP 66 kit. Internal anti-condensation coating. Drain and breather valve.

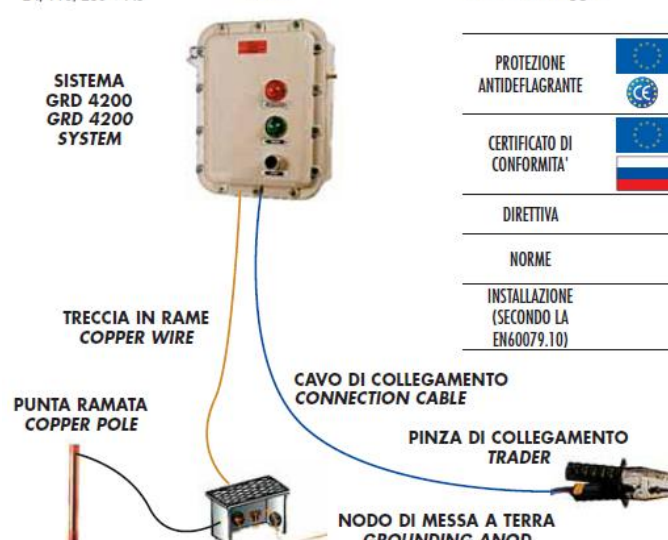
DIMENSIONI ESTERNE
 OUTSIDE DIMENSIONS:
 358 X 278 X 208 MM



ALIMENTAZIONE
 POWER SUPPLY:
 24/110/230 V Ac

FREQUENZA NOMINALE
 RATED FREQUENCY:
 50 - 60 Hz


PESO
 WEIGHT:
 50 KG

SISTEMA GRD 4200
GRD 4200 SYSTEM



PROTEZIONE ANTIDIFLAGRANTE		IL 2 (1) GD EEX-D(IIA) IIB T6 IP 65/66	EXPLOSION PROOF PROTECTION
CERTIFICATO DI CONFORMITA'		CECIATEX DISPONIBILE - AVAILABLE	TEST CERTIFICATE
DIRETTIVA		94/9/CE	DIRECTIVE
NORME		EN 50014 - EN 50018 EN50020 - EN50281-1-1	COMPLIANCE
INSTALLAZIONE (SECONDO LA EN60079.10)		ZONA 1-2-21-22	INSTALLATION (ACCORDING TO EN60079.10)

AUTOCISTERNA / BOBTAIL



Cod.	DESCRIZIONE
SISELEMT1.0	SISTEMA ELETTRONICO DI MESSA A TERRA PER AUTOBOTTI BOBTAIL ELECTRONIC GROUNDING SYSTEM

Figura 16.1: Elemento para la conexión del camión cisterna con la toma a tierra de la instalación.

■ ANEXO 17: Fichas técnicas de la Obra Civil.

PANELES RÍGIDOS



PANELES RÍGIDOS DE MALLA ELECTROSOLDADA PLEGADA

- IDEAL PARA FINCAS , RECINTOS DEPORTIVOS E INDUSTRIA
- COMPUESTA DE CUADROS DE 200 X 50 MM. Y 5 MM. DE ESPESOR, CON REFUERZOS EN FORMA DE OLA QUE CONFIEREN AL PANEL DE UNA GRAN CALIDAD Y FUERZA.
- ACABADOS GALVANIZADO Y PLASTIFICADO.

CÓDIGO	MEDIDA PANEL	CUADRO	ALAMBRE	ACABADO
P600	0,60 x 2,00 mts	200 * 50 mm	5 mm	Pre Galvanizado
P1000	1,00 x 2,00 mts	200 * 50 mm	5 mm	Pre Galvanizado
P1500	1,50 x 2,00 mts	200 * 50 mm	5 mm	Pre Galvanizado
P2000	2,00 x 2,00 mts	200 * 50 mm	5 mm	Pre Galvanizado

Figura 17.1: Paneles rígidos cercamiento.

POSTE PANEL RÍGIDO



POSTE PANEL DE 40 X 60 MM. Y ESPESOR 1,5 MM.

- INDICADOS PARA LA COLOCACION DEL PANEL RÍGIDO.
- SU USO ES TANTO INDUSTRIAL COMO RESIDENCIAL Y DEPORTIVO.
- ACABADOS : EN GALVANIZADO O LACADOS EN COLORES SEGUN REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

CÓDIGO	ACABADO	MEDIDAS	ALTURA
T1000	Galvanizado	60x40X1,5mm	1350 mm
T1500	Galvanizado	60x40X1,5mm	1900 mm
T2000	Galvanizado	60x40X1.5mm	2400 mm

Figura 17.2: Posters para paneles rígidos cercamiento.

PUERTAS




GALVANIZADA

OFERTAS EN PUERTAS GALVANIZADAS

Puerta Plus Zincada de 0,90 x 1,00 m	135 €
Puerta Plus Zincada de 0,90 x 1,50 m	162 €
Puerta Plus Zincada de 0,90 x 2,00 m	194 €
Puerta Plus Zincada de 3,00 x 1,50 m 2 hojas	382 €
Puerta Plus Zincada de 3,00 x 2,00 m 2 hojas	350 €
Puerta Plus Zincada de 4,00 x 2,00 m 2 hojas	358 €



Figura 17.3: Puerta para el cercamiento.



Panel Sandwich

COMPOSICIÓN:

- Chapa de aluminio termolacada. Con diferentes terminaciones en lacados RAL, anodizados, maderas y otros.
- Poliestireno extruido, de gran resistencia a la compresión.

Su éxito debe a las siguientes propiedades:

- Estructura ligera.
- Autoportante dependiente del espesor y la superficie.
- Autoextinguible (Clasificación M1).
- Sin mantenimiento.
- Fácil limpieza.
- Gran variedad de terminaciones y decorados.



Medidas estándar

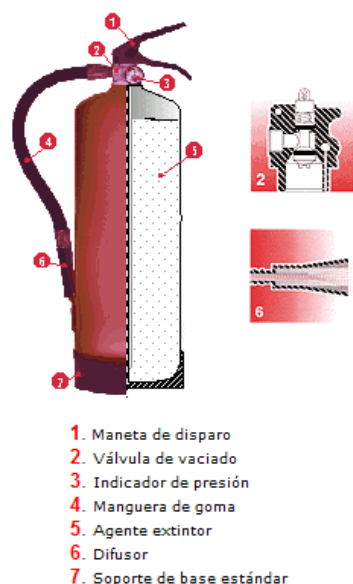
Multipanel 2000 x 1000 mm.
Multipanel 3000 x 1250 mm.
Espesor: 10, 16, 18, 20, 30, 40 mm.

Figura 17.4: Paneles tipo sándwich para techo.



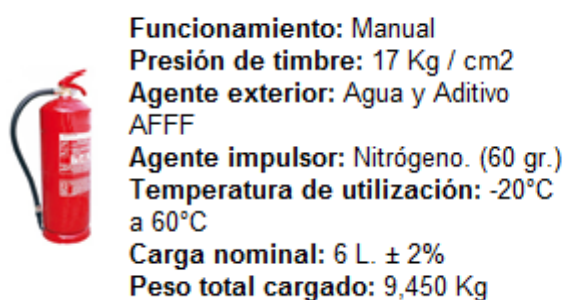
Figura 17.5: Recomendaciones para espesores del techo en función de la zona geográfica.

■ ANEXO 18: Fichas técnicas de Seguridad y Prevención.



Datos Técnicos	PG12
PRESIÓN DE SERVICIO:	15 BAR
CARGA NETA:	9 Kg.
PESO TOTAL APROX.:	13,5 Kg.
EFICACIA HOGAR-TIPO:	34A - 183B - C
AGENTE EXTINTOR:	Polvo Polivalente ABC
AGENTE PROPULSOR:	Nitrógeno seco
TEMPERAT. DE UTILIZACIÓN:	-20°C a +60°C
DURACIÓN DE FUNCIONAM.:	22 seg.
DISTANCIA DE PROYECCIÓN:	11 m
PRUEBA ROTURA RECIPIENTE:	90 BAR
COLOR:	Rojo
TIPO DE PINTURA:	Epoxi-Poliéster
DIMENSIONES:	
Altura del extintor	580 mm
Altura de recipiente	490 mm
Diámetro de recipiente	180 mm
DIMENSIONES DE EMBALAJE:	195 x 195 x 620 mm

Figura 18.1: Extintor de 9 kg para zona de almacenamiento



Extintor 6 litros Agua
Eficacia 8A/113B - Entrega en 24/48 h

23,92 € (27,75€ iva inc.)

Figura 18.2: Extintor de 6 kg para zona de suministro.

4G Scatole complete di pulsanti di emergenza serie CC



Marcature:



Conformi ai requisiti richiesti da:

Direttiva Bassa Tensione 2006/95/CE.

Direttiva Macchine 2006/42/CE e

Compatibilità Elettromagnetica 2004/108/CE.

Apertura positiva dei contatti in conformità alle norme:

IEC 60947-5-1, EN 60947-5-1, VDE 0660-206.

Caratteristiche tecniche

Custodia

Custodia in tecnopolimero antiurto a doppio isolamento

Completo di pulsante di emergenza.

Prima entrata cavi laterale a sfondamento PG 13,5 / M20x1,5 / 1/2 NPT

Seconda entrata cavi laterale a sfondamento PG 11 / 3/8 NPT

Entrata cavi inferiore a sfondamento PG 13,5 / M20x1,5 / 1/2 NPT

Grado di protezione: IP65 secondo EN 60529

Viti di fissaggio coperchio in acciaio inox

Generali

Parametri di sicurezza:

vedi pagina 6/32

Temperatura ambiente:

da -25°C a +70°C

Durata meccanica:

300.000 di cicli di manovre

Sezione dei cavi (corde di rame flessibile)

Unità di contatto:

min. 1 x 0.75 mm² (1 x AWG 18)

min.	1 x 2.5 mm ²	(1 x AWG 18)
max.	2 x 2.5 mm ²	(2 x AWG 14)

Conformità alle norme:

IEC 60947-5-1, EN 60947-5-1, EN ISO 13850, EN 418, EN 81-1, EN 81-2, UL 508

Contatti

Doppia interruzione, contatti NC ad apertura positiva conforme IEC 60947-5-1, morsetti a vite imperdibile con piastrina autosollevante. Morsetti forniti aperti, con grado di protezione IP20 in materiale autoestinguente V0 secondo UL 508.

Caratteristiche elettriche

Categoria d'impiego

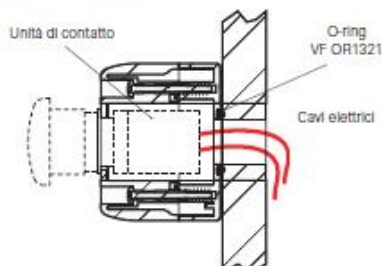
Caratteristiche collegamento	Corrente termica (I _{th}):	16 A	Corrente alternata: AC15 (50-60 Hz)						
	Tensione nominale di isolamento (U _i):	500 Vac 600 Vdc	Ue (V)	24	60	110	230	400	500
	Corrente di corto circuito condizionale:	1000 A secondo EN 60947-5-1	Ie (A)	16	12	8	6	4,5	3
			Corrente continua: DC13						
	Grado di inquinamento:	3	Ue (V)	24	48	60	110	220	
			Ie (A)	2	1.2	0.85	0.4	0.25	

Disposizione entrate cavi



Entrata cavi inferiore a sfondamento

Se si utilizza l'entrata cavi inferiore per il passaggio di cavi, si può mantenere il grado di protezione IP65 mediante l'utilizzo di un O-ring (art. VF OR1321) applicato nella sede appropriata come si vede nella figura sottostante.



Disegni quotati

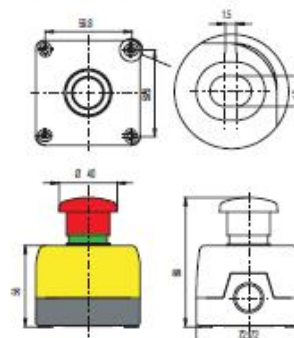


Figura 18.3: Pulsador de emergencia.

Cartel Fotoluminiscente Extinción "EXTINTOR". Tamaño A4



Cartel Fotoluminiscente Extinción "EXTINTOR". Tamaño A4

Cartel Fotoluminiscente Extinción "EXTINTOR".
Tamaño A4
Señales con nuevos diseños. Más luminiscencia y más zona luminiscente. El fondo es de glaspac completamente rojo.
Más decorativas que las tradicionales.
Señalización válida para exteriores (protección U.V.).
Material: Glaspac 0,7 mm.
Medidas: A4: 29,7x21 cm
Duración certificada: 13.3 horas.
Señal "CLASE B" fotoluminiscente de extinción certificada (a fecha de Enero de 2005) según normas: UNE 1115:1985
- Sobre colores y formas UNE 23033:1981
- Sobre pictogramas UNE 23035/1:2003
- Sobre medida de luminiscencia y que cumple los Reales Decretos: 485:1997 (Sobre señalización de seguridad) 2177:1996 - Norma Básica de Edificación (NBE-CPI:96) 2267:2004 - Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

envase: 1 unidad/es **2,43€**

Figura 18.4: Cartel para la localización de extintores.

PROHIBIDO FUMAR Y ENCENDER FUEGO



Cartel de prohibido fumar y encender fuego, disponible en PVC, en adhesivo, en varios tamaños.

Más detalles

4,99 € I.V.A. incluido

Referencia:
PR032

Tamaño :
DIN A4 - 210x297 mm ▼

Soporte :
PVC (Plástico de 1mm) ▼

Figura 18.5: Cartel de "Prohibido fumar y encender fuego".

imagen	descripción
	<p>Cartel Peligro Gas Inflamable. Tamaño A4</p> <p>Cartel Peligro Gas Inflamable. Las señales de peligro han sido diseñadas con pictogramas claros para favorecer su visualización a larga distancia. Bien acabadas y de larga duración. Tamaño A4: 29.7x 21 cm Material: Glaspac 0.7 mm Fabricado según normativa UNE 23-033-81 Y UNE 23-034-88</p> <p>envase: 1 unidad/es</p> <p>4,99 € I.V.A. incluido</p>

Figura 18.6: Cartel de “Peligro gas inflamable”.



Ref.: V5875105 / XVPOSTE1

VITINCOM 1 PUERTA		
Ref.	Descripción	Embalaje
V304055	VITRINA VITINCOM 30mm. 40X55cm.	1
V305575	VITRINA VITINCOM 30mm. 55X75cm.	1
V3075105	VITRINA VITINCOM 30mm. 75X105cm.	1
V585575	VITRINA VITINCOM 58mm. 55X75cm.	1
V5875105	VITRINA VITINCOM 58mm. 75X105cm.	1
V7575105	VITRINA VITINCOM 75mm. 75X105cm.	1
XXIT1EQ	KIT ILUMINACION 1 EQUIPO FLUORESCENTE (*)	1

Figura 18.7: Paneles.



Figura 18.8: Cartel de prohibiciones específicas.

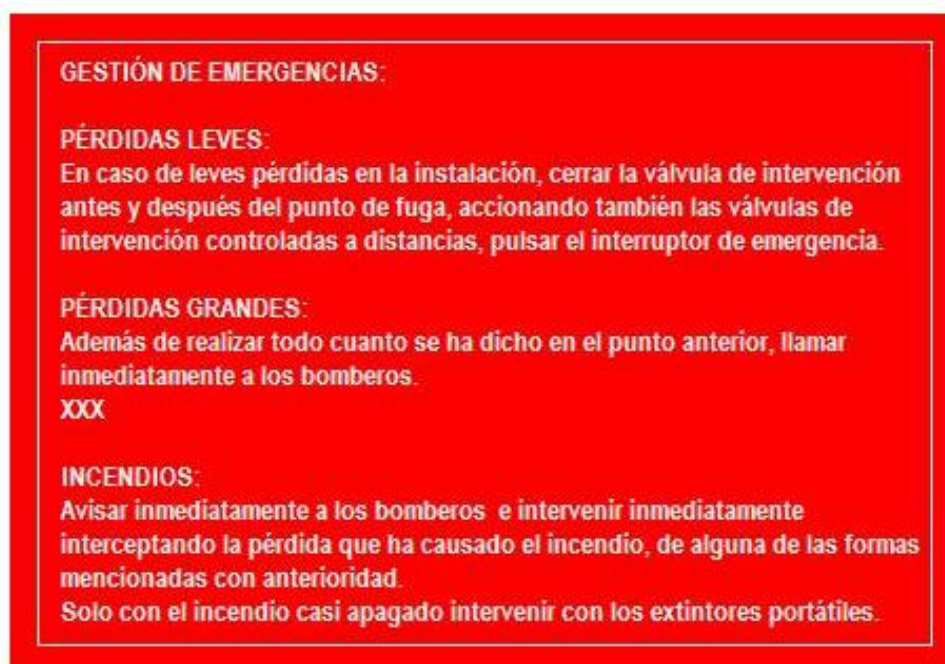


Figura 18.9: Cartel de Gestión de Emergencias.



Figura 18.10: Cartel Normas de Funcionamiento: Operación de suministro a vehículos.

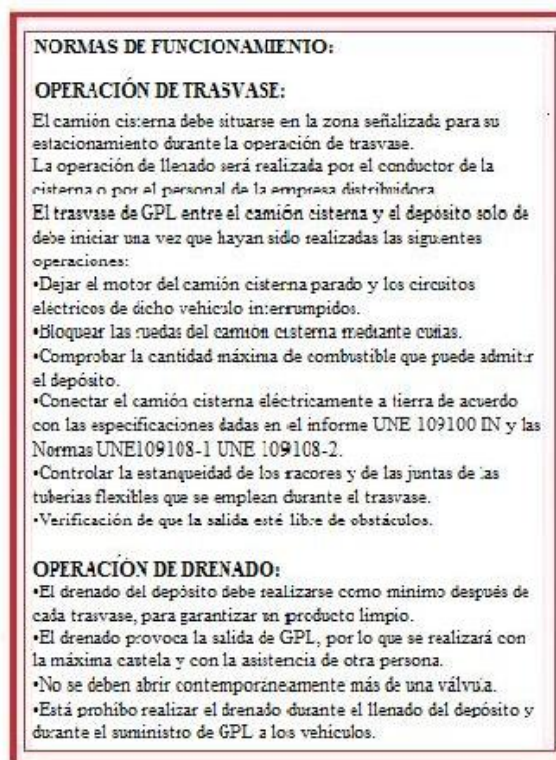


Figura 18.11: Cartel Normas de Funcionamiento operación de trasvase y de drenado.



Figura 18.12: Panel con los distintos carteles informativos.

ANEXO 19: Fichas técnica de la prueba métrica.

doppio decalitro

Per poter effettuare la verifica periodica dei misuratori GPL in dotazione ai distributori stradali di GPL autotrazione, è necessario avere a disposizione la "bombola campione" o "doppio decalitro speciale" di nostra produzione. Questo particolare strumento, in possesso di ben 3 decreti ministeriali del Ministro dell'Industria, permette di poter verificare l'erogato del misuratore GPL con la massima precisione e consente di poter tarare il misuratore GPL entro le tolleranze stabilite dall'Ufficio Metrico - dipendente CCIAA Servizio Tutela del Mercato - nella misura del $\pm 0,5\%$ ($\pm 5\%$).

La misura del G.P.L. è effettuata mediante la bombola campione della capacità di 20 l con campo visivo $\pm 0,5$ l e lettura per ogni suddivisione della scala di 0,2 dl. Il principio su cui si basa la misura è semplicemente dato dalla valutazione della capacità come se il liquido trattato avesse la tensione di vapore dell'acqua. Ciò si ottiene collegando il ciclo chiuso della bombola campione col serbatoio dal quale si preleva il G.P.L. per la misura. Se non intervengono modificazioni alla tensione di vapore del prodotto contenuto nella bombola rispetto a quello del serbatoio, il valore misurato corrisponderà esattamente a quello erogato.



Kit di calibrazione misuratori GPL:

- doppio decalitro speciale
- gruppo compressore GPL dedicato per lo svuotamento della bombola dopo ogni singolo test
- serie di tubazioni (2x5 m aspirazione e scarico compressore fase gassosa + 1x3 m scarico bombola fase liquida)
- pistola standard Italia per connessione a bombola (da installarsi sulla tubazione di scarico del compressore)

Figura 19.1: Equipo para la realización de la Prueba métrica.

10.4. Otros documentos

■ ANEXO 20: Definiciones (según Norma UNE 60630 y UNE 60250).

- Aparato suministrador: El diseñado para suministrar GPL al depósito de un vehículo a motor que utilice este combustible para moverse.
- Estación de servicio de acceso libre: Aquella que no es de acceso restringido.
- Estación de servicio de acceso restringido: Aquella en la que solo tienen acceso de uso, un número limitado de personas que hayan recibido formación específica y suficiente para este uso bajo la responsabilidad del propietario de la instalación.
- Surtidor: Aparato suministrador que incorpora un sistema de control de cantidad de GPL suministrada y precio.
- Zona de almacenamiento: La que contiene el conjunto de depósitos destinados al almacenamiento de GPL, delimitada entre la boca de carga y las válvulas de corte de salida y retorno hacia la zona de suministro.
- Zona de suministro: Aquella donde se encuentran ubicados los aparatos suministradores y el espacio ocupado por los vehículos en espera para efectuar el abastecimiento de GPL.
- Área de llenado: Lugares donde se deben estacionar los vehículos para repostar, se encuentra dentro de la zona de suministro.
- Depósito fijo: Depósito que dispone de una boca de carga en su llenado “in situ” sin necesidad de su traslado a una planta de llenado y posterior retorno al emplazamiento original de la estación de GPL. No tiene consideración de depósitos fijos los instalados en caravanas u otros vehículos a motor.
- Equipo de regulación: Conjunto de elementos y accesorios auxiliares compuesto de tuberías, válvulas, reguladores de presión, dispositivos de seguridad u otros elementos complementarios.
- Estación de GPL: Superficie proyectada en planta limitada por las distancias de seguridad establecidas en la siguiente tabla:

Tabla 20.1:
Distancias de seguridad a orificios y paredes de depósitos.

Distancias de seguridad a orificios y paredes de depósitos				
De superficie (aéreos, A) (m)			Enterrados(E) (m)	
	$D_0^{1)}$	$D_p^{2)}$		D_0
A-1	1.5	1.0	E-1	0.75
A-5	3.0	2.0	E-5	1.5
A-13	5.0	3.0	E-13	3.0
A-35	7.5	5.0	E-60	4.0
A-60	8.5	6.5	E-120	5.0
A-120	10.0	7.5	E-500	10.0
A-500	15.0	10.0		
A-2000	30.0	20.0		
1) D_0 = Distancia a orificios.				
2) D_p = Distancia a paredes.				

Entendiéndose como orificio cualquier abertura no cerrada por medio de tapones roscados, bridas ciegas o laves de corte, que garanticen la estanqueidad de la MOP correspondiente, tales como la boca de carga (si está situada en el depósito y no cumple los requisitos anteriores) o válvulas de seguridad.

- Instalación receptora: Conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave de acometida o llave de salida de la instalación del depósito fijo de GPL, excluida esta, y las llaves de conexión al aparato, incluidas estas, quedando excluidos los tramos de conexión de los aparatos y los propios aparatos.
- Nivel máximo de llenado: Se considera como nivel máximo de llenado el indicado por el fabricante del depósito en función de las condiciones de diseño o, en ausencia del mismo, debe considerarse el 85% de la capacidad geométrica del depósito a 20°C.
- Pared (de los depósitos a efectos de distancias) Cualquier punto de la superficie del depósito de GPL. No se consideran a estos efectos los elementos unidos a dicha superficie, tales como patas de apoyo, pletinas, arquetas, etc.
- Presión de prueba de estanqueidad: Presión a la que se debe someter el equipo durante el ensayo de estanqueidad.

- Presión máxima de operación: Presión declarada por el fabricante del equipo a la cual puede someterse sin afectar a sus prestaciones.
- Regulador de presión: Dispositivo que permite reducir la presión aguas abajo del punto donde esté instalado, manteniéndola dentro de unos límites establecidos para un rango de caudal determinado.
- Aguas arriba y abajo: Denominación empleada en instalaciones por las que circula un fluido (en caso de esta norma, gas) para posicionar un punto con respecto a otro atendiendo el sentido de flujo.

Ejemplo: En una línea con los puntos de referencia A, B, C, D, E situados de forma consecutiva, si el flujo de gas se produce desde A hasta E, el punto B estará "aguas arriba" del punto C y el punto D estaría "aguas abajo" del punto C.

- Vaporizador: Conjunto del recipiente a presión y sus accesorios correspondientes y cuya función es transformar artificialmente el GPL líquido en gas.
- Válvula de salida: Dispositivo de corte que, perteneciendo a la instalación de suministro, establece el límite entre esta y la instalación de distribución o la receptora y que puede interrumpir el paso del gas a la misma. Puede realizar esta función la válvula de corte existente aguas abajo del equipo de regulación.
- Válvula de seguridad: Dispositivo que tiene por objetivo el alivio de presión por evacuación directa del gas al exterior, siendo tratada y precintada por el fabricante para funcionar a un valor predeterminado.

■ **ANEXO 21: Ficha de seguridad GPL.**

1. IDENTIFICACIÓN

- **Nombre:** GLP AUTOMOCION
- **Uso:** Combustible, carburante y materia prima.

Producto con múltiples aplicaciones, incluidas combustible gaseoso para usos domésticos, comerciales e industriales; combustible para motores de combustión interna; propelente de aerosoles y materia prima para Petroquímica.

- **Estado físico:** Gas.
- **Familia química:** Gas de petróleo licuado

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

• **Composición química**

Gas Licuado del Petróleo (GPL): Combinación compleja de hidrocarburos producida por destilación y condensación del petróleo crudo. Compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos dentro del intervalo de C3 a C5. Contenido en 1,3 butadieno inferior a 0,1 % vol.

Una pequeña cantidad (generalmente hasta unas 50 ppm) de etil mercaptano es comúnmente añadido para facilitar la detección de fugas (agente odorizante).

- **Sustancia o preparado:** Sustancia.

Tabla 21.1:
Componentes del GPL Automoción.

Nombre del ingrediente	Número CAS	Número CE	Clasificación
Hidrocarburos, ricos en C 3-4, destilado del petróleo.	68512-91-4	100	Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46

• **Componentes peligrosos**

- Hidrocarburos, ricos en C3-4, destilado del petróleo.
- EINECS Nº: 200-827-9.
- CAS Nº: 74-98-6, F+, R 12 Extremadamente inflamable (> 90 %).

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

- **Extremadamente inflamable**

A temperatura ambiente pueden producirse mezclas explosivas aire y vapores.

El exceso en la inhalación intencionada de concentraciones elevadas de vapores, aún durante períodos breves puede ocasionar desvanecimientos o resultar mortal.

- **Clasificación**

La sustancia se ha clasificado como peligrosa de acuerdo con la Directiva 67/548/EEC y sus enmiendas.

- Cancerígena Categoría 1: R45.
- Mutagénica Categoría 2: R46.

- **Peligros para la salud humana**

Puede causar cáncer.

Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

4. PRIMEROS AUXILIOS

- **Inhalación**

Si la exposición al vapor, humos o neblina causa mareo, dolor de cabeza, visión empañada o irritación de los ojos, nariz o garganta, trasladar inmediatamente al intoxicado al aire libre. Debe obtener atención médica inmediatamente. Mantener al paciente en reposo y abrigado.

Si se sospecha que los vapores continúan presentes, la persona encargada del rescate deberá usar una máscara adecuada o un aparato de respiración autónoma.

Si no hay respiración, ésta es irregular u ocurre un paro respiratorio, el personal capacitado debe proporcionar respiración artificial u oxígeno. Puede ser peligroso para la persona que proporciona ayuda aplicar la respiración boca a boca.

Si está inconsciente, coloque en posición de recuperación y consiga atención médica inmediatamente. Asegure una buena circulación de aire.

Aflojar todo lo que pudiera estar apretado, como el cuello de una camisa, una corbata o un cinturón.

- **Ingestión**

Como este producto es un gas, refiérase a la sección de inhalación.

- **Contacto con la piel**

Lave con agua abundante la piel contaminada. Quítese la ropa y calzado contaminados. Obtenga atención médica si se presentan síntomas. Lavar la ropa antes de volver a usarla. Limpiar completamente el calzado antes de volver a usarlo. El producto licuado o en forma de gas bajo presión puede causar quemaduras por congelación.

- **Contacto con los ojos**

Lave abundantemente con agua por lo menos durante 15 minutos, levantando los párpados superior e inferior. Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselas. Obtenga atención médica si se produce irritación. El producto licuado o en forma de gas bajo presión puede causar quemaduras por congelación.

- **Protección del personal de primeros auxilios**

No debe realizarse acción alguna que suponga un riesgo personal o sin una formación adecuada.

- **Consejos médicos**

El tratamiento será, en general, sintomático y dirigido a aliviar los efectos.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

- **Protocolo de actuación**

Estos materiales se entregan, almacenan y emplean a temperaturas superiores a su temperatura de inflamación.

- Evite toda clase de llamas, chispas, cigarrillos, etc.
- En caso de incendio avisar inmediatamente a los bomberos.
- Asegurarse de que existe una vía de escape al alcance desde cualquier punto.

- Emplear agua pulverizada para enfriar los recipientes expuestos al calor, así como para proteger las zonas colindantes y el personal ocupado en cerrar las válvulas.
- Tener en cuenta todas las precauciones para mantener fríos los recipientes a fin de evitar la posible explosión debida a la expansión de los vapores producidos por los líquidos al hervir.

Nota: Los recipientes a presión pueden explotar violentamente si son sometidos a altas temperaturas.

- **Medios de extinción**

- Apropriados: Utilizar polvo químico polivalente y convencional.
- No apropiados: No utilizar chorro de agua directa.

- **Equipo de protección especial para personal de lucha contra incendios**

Los bomberos deben llevar equipo de protección apropiado y un equipo de respiración autónomo con una máscara facial completa que opere en modo de presión positiva.

- **Medidas de lucha contra incendios**

Cortar la fuente de combustible o de sustancias inflamables. Si no se puede extinguir el incendio, dejar que se consuma de forma controlada. Refrigerar con agua los equipos y elementos expuestos al fuego.

- **Productos de descomposición térmica peligrosos**

Emite gases tóxicos con productos de combustión. Emite óxidos de carbono y agua.

- **Peligros de exposición especiales**

No hay peligro específico.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Puesto que este material tiene una temperatura de inflamación muy baja, todo derrame o escape supone un gran peligro de incendio o explosión. Si el derrame (o escape) no ha prendido, cerrar la válvula de gas, aislar todas las fuentes de ignición y evacuar el personal. Garantizar una buena ventilación.

Los escapes de líquido generan grandes volúmenes de vapores inflamables, más pesados que el aire, que pueden alcanzar fuentes de

ignición, por remotas que éstas sean (por ejemplo a través del sistema de alcantarillado).

Emplear pulverizadores de agua para dispersar el gas o vapor y para proteger al personal dedicado a detener el escape.

Puede acumularse vapor en cualquier local cerrado. Si el derrame ha tenido lugar en un local cerrado, garantizar una buena ventilación y comprobar, antes de entrar, que ésta sea lo suficientemente segura.

No entrar en una nube de vapor a menos que haya que efectuar un rescate; en ese caso hay que llevar un aparato de respiración autónoma. Utilizar indumentaria protectora.

En caso de derrame, contactar con las autoridades competentes. En caso de que se derramen pequeñas cantidades es posible esperar hasta que se evaporen. Los vapores se dispersarán si existe una buena ventilación.

- **Precauciones personales**

Contacte inmediatamente con el personal de emergencia. Mantener apartado al personal no necesario. Use equipo protector adecuado.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- **Condiciones de almacenamiento**

Almacenar y emplear únicamente en recipientes y equipos diseñados específicamente para este producto. Manténgase el recipiente bien cerrado.

Almacenar y distribuir únicamente en áreas bien ventiladas, lejos del calor y de las fuentes de ignición.

No penetrar en los depósitos de almacenamiento; en caso de que se necesite entrar, consultar primero con el suministrador.

Los contenedores deben etiquetarse de forma correcta. No arrancar las etiquetas informativas de los recipientes.

- **Precauciones de manipulación**

- Garantizar una buena ventilación.
- Evitar la inhalación de vapor.

- Evitar el contacto con el líquido y los recipientes de almacenamiento en frío.
- Cuando se manejen bidones llevar calzado protector.
- Evitar el contacto con los ojos.

- **Prevención de incendios**

Evitar la acumulación de electricidad estática, para ello hay que asegurarse de que el equipo se encuentre conectado a una toma de tierra y esté bien fijado.

La exposición de los recipientes de almacenamiento a un calor excesivo puede provocar la descarga de vapores por las válvulas de seguridad o en casos extremos la explosión debido a la expansión de los vapores producidos por el líquido en ebullición.

Nota: Como se evapora lentamente, el vertido del producto sobre la ropa puede provocar riesgo de incendio.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

- **Límites de exposición**

Se debe cumplir con los límites legales existentes. Cuando éstos no estén establecidos, se recomienda adoptar el criterio de la ACGIH. En este caso, el propano no cuenta con valor TLV especificado, aparece clasificado como asfixiante simple.

- **Ropa protectora**

Para prevenir quemaduras debidas al frío y congelación utilizar guantes adecuados y monos. En operaciones de llenado usar ropa de protección, incluyendo guantes impermeables, gafas de protección total o pantalla facial.

Llevar calzado protector cuando se manejen botellas.

- **Protección de las manos:** Guantes químicamente resistentes. Según Norma EN-374-1-2-3:94.
- **Protección de los ojos:** Utilizar gafas de seguridad con protección total. Según Norma EN-166:01.
- **Protección cutánea:** Usar ropa resistente e impermeable a hidrocarburos. Según Norma EN-340:93.

Lave las manos, antebrazos y cara completamente después de manejar productos químicos, antes de comer, fumar y usar el lavabo y al final del período de trabajo.

Usar las técnicas apropiadas para mover la ropa contaminada. Lavar las ropas contaminadas antes de volver a usarlas. Verifique que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad se encuentren cerca de las estaciones de trabajo.

- **Protección respiración:** Si las operaciones son de tipo tal que hay probabilidad de exposición a vapores, neblina o humo debe llevarse equipo de respiración homologado. El empleo de equipo respiratorio debe cumplir estrictamente las instrucciones del fabricante y todas las normativas que rijan su selección y utilización.

9. Propiedades físicas y químicas

- **Información general (apariencia)**

- Estado físico: Gas.
- Color: Incoloro.
- Olor: Característico.

- **Valores típicos**

- Punto de ebullición: -0,6°C (30,9°F)
- Punto de fusión: -135,4°C (-211,7°F)
- Temperatura de inflamabilidad: Vaso cerrado: -60,15°C (-76,3°F). Crisol abierto: <-50°C (-58°F.)
- Límites de explosión: Punto inferior: 1,8% Punto máximo: 8,4%
- Densidad relativa: 0,599 (Agua = 1)
- Solubilidad a temperatura ambiente: 3,25g/l
- Densidad de vapor: 2 (Aire = 1)
- Temperatura de autoignición: 286,85°C (548,3°F)

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

- **Estabilidad**

El producto es estable a temperatura ambiente. No se producirán reacciones de polimerización peligrosas.

- **Reactividad**

Puede reaccionar con agentes oxidantes fuertes.

- **Productos peligrosos de descomposición**

La combustión incompleta puede generar gases peligrosos, incluyendo monóxido de carbono.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

- **Efectos agudos potenciales para la salud**

- **Ojos**

Si se produjera contacto con los ojos podría dar lugar a daño ocular grave.

- **Piel**

Puede provocar quemaduras debidas al frío y congelación si el líquido entra en contacto con la piel.

- **Inhalación**

Bajas concentraciones de vapor pueden provocar náuseas, mareo, dolores de cabeza y somnolencia.

La inhalación de altas concentraciones de vapor puede provocar un efecto narcótico. Las altas concentraciones de vapor pueden provocar los síntomas de insuficiencia de oxígeno que, unidos a la depresión del sistema nervioso central, pueden acarrear una rápida pérdida de conciencia.

- **Efectos crónicos potenciales para la salud**

- Nombre: hidrocarburos ricos en C3-4, destilado del petróleo.
- Efectos carcinogénicos: Categoría 1, R45.
- Efectos mutagénicos: Categoría 2, R46.
- Toxicidad para el desarrollo: -
- Carcinogénesis: Puede causar cáncer. El riesgo de cáncer depende de la duración y el grado de exposición.
- Mutagénesis: Puede causar efectos genéticos hereditarios. El riesgo de cáncer depende de la duración y el grado de exposición.
- Toxicidad para la reproducción: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

- **Signos y síntomas de sobreexposición**

- Abuso: Este producto no es nocivo en condiciones normales de uso; sin embargo, la inhalación voluntaria de altas concentraciones de vapor, aun tratándose de períodos muy breves, puede provocar la inconsciencia y acarrear la muerte repentina.
- Órganos afectados: Puede causar daños en el sistema nervioso central.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

- **Movilidad**

Es improbable que los vertidos penetren en el subsuelo.

- **Persistencia y degradabilidad**

Es improbable que ocasione efectos adversos a largo plazo en el medio ambiente.

- **Potencial bioacumulativo**

No es probable que este material se bioacumule.

- **Toxicidad acuática**

Es improbable que ocasione efectos a largo plazo en el medio ambiente acuático.

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

- **Consideraciones generales de uso**

No desprenderse de ningún contenedor de GPL. Devolver al suministrador todos los recipientes y envases. Los envases vacíos pueden contener algún residuo del producto.

Las etiquetas informativas de los peligros del producto son un medio para manejar con seguridad el recipiente vacío y, por lo tanto, no deben arrancarse.

Los recipientes vacíos representan un peligro de incendio pues pueden contener residuos de productos inflamables. No soldar nunca, ni estañar, ni soldar con soldadura dura, los recipientes vacíos.

- **Métodos de eliminación**

Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. Evite la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, los canales, los desagües y las alcantarillas.

La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del ambiente y disposición de desechos y de las autoridades locales.

Los contenedores vacíos pueden contener residuos o vapores tóxicos, inflamables, combustibles o explosivos. No corte, aplaste, perforo, suelde, reutilice ni deseche los contenedores a menos que se hayan tomado las precauciones necesarias contra estos riesgos.

- **Residuos Peligrosos**

La clasificación del producto puede cumplir los requisitos de residuo peligroso.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

INFORMACIÓN REGLAMENTARIA	Nº ONU	DENOMINACIÓN PARA EL TRANSPORTE	CLASE	INFORMACIÓN ADICIONAL
Clase ADR/RID (Transporte por carretera o ferrocarril)	UN1965	HIDROCARBUROS GASEOSOS LICUADOS EN MEZCLA, N.E.P. (GLP AUTOMOCION)	2	<u>Nº de identificación de peligros:</u> 23 <u>Cantidad limitada:</u> LQ0 <u>Tremcard del CEFIC:</u> 20S1965
Clase ADN (Requerimientos técnicos)	UN1965	HYDROCARBON GAS MIXTURE, LIQUEFIED, N.O.S. (GLP AUTOMOCION)	2	-
Clase IMDG (Transporte marítimo)	UN1965	HYDROCARBON GAS MIXTURE, LIQUEFIED, N.O.S. (GLP AUTOMOCION)	2.1	<u>Planes de emergencia ("EmS")</u>
Clase IATA (Transporte aéreo)	UN1965	HYDROCARBON GAS MIXTURE, LIQUEFIED, N.O.S. (GLP AUTOMOCION)	2.1	<u>Aeronave de pasajeros y carga</u> Limitación de cantidad: Prohibido <u>Aeronave de carga</u> de cantidad: 150 kg Instrucciones de embalaje: 200

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

- **Reglamento de la UE**

- **Símbolo de peligro**

Toxico.



- **Frases de riesgo**

R45- Puede causar cáncer.

R46- Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.

- **Frases de seguridad**

S53- Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

S45- En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta).

- **Contenido**

Hidrocarburos, ricos en C3-4, destilado del petróleo 270-990-9.

- **Uso del producto**

La clasificación y el etiquetado se han realizado de acuerdo con las normativas 67/548/EEC y 1999/45/EC de la UE, incluidas las enmiendas correspondientes y la información relativa al uso previsto. Aplicaciones para el consumidor.

- **Otras regulaciones de la UE**

- Protección para niños: Sí, se aplica.
- Advertencia de peligro táctil: Sí, se aplica.
- Restricciones a la Directiva de comercialización y uso: Restringido a usos profesionales.

- **Normas de aplicación**

- **Unión Europea**

Conforme a la Directiva de la UE 91/155/CEE, y la enmienda 2001/58/CE Reglamento CE 1907/2006.

- **Reglamentaciones nacionales**

Conforme a los R.D. 363/95 y 255/03.

Orden 21-2-1997 y modificaciones posteriores.

16. OTRA INFORMACIÓN

- **Texto de las frases R que aparecen en las secciones 2 y 3 España**
 - R45- Puede causar cáncer.
 - R46- Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- **Texto de las clasificaciones que aparecen en las secciones 2 y 3 España**
 - Carc. Cat.1 - Carcinógeno Categoría 1
 - Muta. Cat.2 - Mutágeno Categoría 2

■ ANEXO 22: Estudio básico de seguridad y salud de la obra civil.

1. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos a los que se refiere este estudio son los correspondientes a la obra civil, construcción e instalación de aparatos y conducciones así como sus elementos auxiliares.

2. PERSONAL PREVISTO

El número máximo de operarios previsto para la realización de las obras en sus diferentes etapas será de cuatro.

3. RIESGOS ESPECÍFICOS

La presente identificación de riesgos debe ser analizada y complementada por el contratista instalador en su plan de seguridad en función de su propio sistema de ejecución de obras y de las circunstancias particulares de su operativo.

3.1. Respecto al lugar de trabajo

Los riesgos derivados del lugar de trabajo son principalmente:

- Atropellos y golpes por vehículos propios y ajenos a las obras.
- Condiciones de evaluación.
- Exposición a condiciones climatológicas.
- Proximidad con los servicios (agua, gas, electricidad).
- Accidentes causados por seres vivos.
- Caídas en frentes de excavación y accesos.

3.2. Respecto a la obra civil

Los riesgos derivados de este tipo de trabajo proviene de:

- Maquinaria y vehículos para la realización de trabajos de demolición, excavación, relleno y reposición de las excavaciones y zanjas, y movimiento de elementos con grúas (depósito).
- Golpes por objetos y herramientas.
- Riesgos de derrumbamiento o desprendimiento de tierras.
- Utilización de equipos de aire comprimido.

- Exposición al ruido.
- Proyección de partículas.
- Aspiración de polvo.
- Pisadas sobre objetos punzantes o cortantes.
- Contactos eléctricos (cables ocultos o subterráneos).

3.3. Respecto a la obra mecánica

Los riesgos derivados de este tipo de trabajo provienen de:

- Maquinaria y útiles específicos del trabajo.
- Movimiento de materiales.
- Atropellos, vuelco, atrapamientos, etc. por maquinaria de obra, equipos y útiles de carga y descarga.
- Caída de objetos en manipulación y materiales.
- Golpes y atrapamientos con herramientas.
- Proyecciones (purgas, amolados, presión, etc.).
- Radiaciones en procesos de soldadura eléctrica y radiografiado.
- Proyección de material fundido y quemaduras en procesos de soldadura.
- Utilización de productos nocivos, tóxicos o agresivos.
- Utilización de botellas a presión (gases comprimidos, licuados o disueltos a presión).
- Trabajos con posibilidad de presencia de gases.
- Contactos eléctricos.

3.4. Medidas y normas de seguridad aplicables

Las presentes medidas y normas de seguridad deben ser analizadas, desarrolladas y complementadas por el contratista instalador en su plan de seguridad en función de su propio sistema de ejecución de obras y de las circunstancias particulares de su operativo.

3.4.1. Medidas de seguridad colectivas

3.4.1.1. Respecto al lugar de trabajo

- Acondicionamiento de los pasos para peatones.
- Vallado, balizamiento, y señalización adecuada de la obra.

- Instalación de escaleras adecuada de acceso en excavaciones de más de 1,2 m de profundidad.
- Dotación de botiquines oportunos según el número de trabajadores.
- Previsión de drenajes adecuados y de medidas que eviten prejuicios por avenidas de agua pluviales.
- Observación de las distancias de seguridad con otros servicios.
- Conocimiento previo sobre la interferencia con otras instalaciones.
- Previo y durante la permanencia en recintos confinados, verificación de las condiciones de seguridad.

3.4.1.2. Respetto a la obra civil

- Ejecución de establecimientos o de taludes adecuados de acuerdo con la legislación.
- Almacenamiento de tierras, materiales y escombros estará apartado del borde de la zanja.
- La maquinaria de excavación debe ir provista de estructuras de protección contra huecos y caídas de objetos, sistema de freno de la seguridad y señalizaciones ópticas y acústicas adecuadas.
- Utilización correcta de los equipos útiles y herramientas asegurando su correcto estado de mantenimiento.
- Aislamiento de los martillos neumáticos.
- Respetar la distancia de seguridad entre las partes móviles de los equipos y las construcciones eléctricas u otros servicios, tanto aéreos como subterráneos.
- Respetar la distancia de seguridad entre las partes móviles de las máquinas y personal de obras, así como entre operarios al realizar trabajos de obra civil y demolición tanto mecánico como manuales.

3.4.1.3. Respetto a la obra mecánica

Utilización de los equipos, útiles y herramientas y accesorios según las especificaciones de los fabricantes, manteniendo actualizadas las revisiones y las calibraciones pertinentes, así como su correcto estado de mantenimiento.

- La manutención y acopio de materiales se realizará en condiciones de seguridad adecuadas.

- Utilización de los productos (disolventes, masillas, cintas de revestimiento, etc.) según instrucciones de seguridad del fabricante.
- Cuando se realizan trabajos de radiografiado se tomarán las precauciones necesarias para evitar las explosiones.
- Se evitará el paso por encima de otros servicios por su utilización como apoyo.

3.4.1.4. Trabajos con posible presencia de gases

En trabajos con posible presencia de gases siempre permanecerá una persona en la proximidad. Se ha de disponer de equipos homologados para la medición de concentración de gas y de concentración de oxígeno.

- Se ha de disponer a pie de obra de extintores en condiciones de uso sin desprecintar.
- No se ha de encender fuego, fumar, generar chispas, ni utilizar equipos o máquinas que no sean aptos para su uso en atmósferas inflamables en las proximidades de los puntos de posibles fugas de gas. En caso de ser precisos se debe comprobar previamente la no presencia de atmósfera inflamable y asegurar los medios para que ésta no se produzca.
- Se han de tomar precauciones para la eliminación de la electricidad estática y de los riesgos de generación de chispas con las herramientas para mantenimiento de continuidad eléctrica en Las tuberías metálicas.

3.4.2. Medidas de seguridad individuales

Para impedir las posibles consecuencias de aquellos riesgos que no pueden ser totalmente evitados con las medidas de seguridad colectivas descritas en apartados anteriores, se utilizarán protecciones personales. Se ha de utilizar:

- Protección de la cabeza ante el riesgo de lesiones en la misma.
- Gafas de seguridad ante el riesgo de proyección de partículas.
- Guantes en trabajos con posibles agresiones o golpes en las manos.
- Guantes dieléctricos ante posibilidad de contactos directos.
- Botas o zapatos de seguridad ante el riesgo de caída de objetos sobre los pies.

- Protección acústica en trabajos con niveles de ruido no admisibles.
- Ropa ignífuga ante el riesgo de presencia de gases o productos inflamables.
- Protección respiratoria ante el riesgo de deficiencia de oxígeno o de respirar aire encarecido o con sustancias nocivas.
- Dispositivos anticaídas en alturas superiores a 2 metros.
- Protecciones especiales y adecuadas para trabajos de soldadura y corte.

3.4.3. Normativa legal y reglamentación aplicable

La empresa contratada para la ejecución de los trabajos, ha de observar las normas de seguridad reglamentarias de aplicación.

Los reglamentos electrotécnicos de baja tensión, general del servicio público de gases combustibles, de aparatos a presión, de aparatos de elevación y manutención y de seguridad en las máquinas y las que se indican específicamente en la presente memoria.

4. FORMACIÓN

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, junto con las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo al personal más cualificado se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios de forma que todos los trabajos dispongan de algún socorrista.

5. BOTIQUINES

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo que contenga como mínimo:

Desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, espadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, y guantes desechables.

6. ASISTENCIA A ACCIDENTADOS

Se deberá informar a los operarios de la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos, dónde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Se dispondrá en la obra, y en el sitio bien visible de una lista con todos los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., a fin de garantizar un rápido transporte de los accidentados a los centro de asistencia.

7. RECONOCIMIENTO MÉDICO

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo.

8. RIESGOS PROPIOS DE LA ACTIVIDAD

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas ante el acceso a dichas zonas.

Las partes de cualquier equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad.

9. ESPACIO DE TRABAJO

Las dimensiones de los locales de trabajos deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas son las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante en locales la altura se reducirá a 2,5 metros.
- 10 m³ no ocupados por cada trabajador.

10. ORDEN Y LIMPIEZA

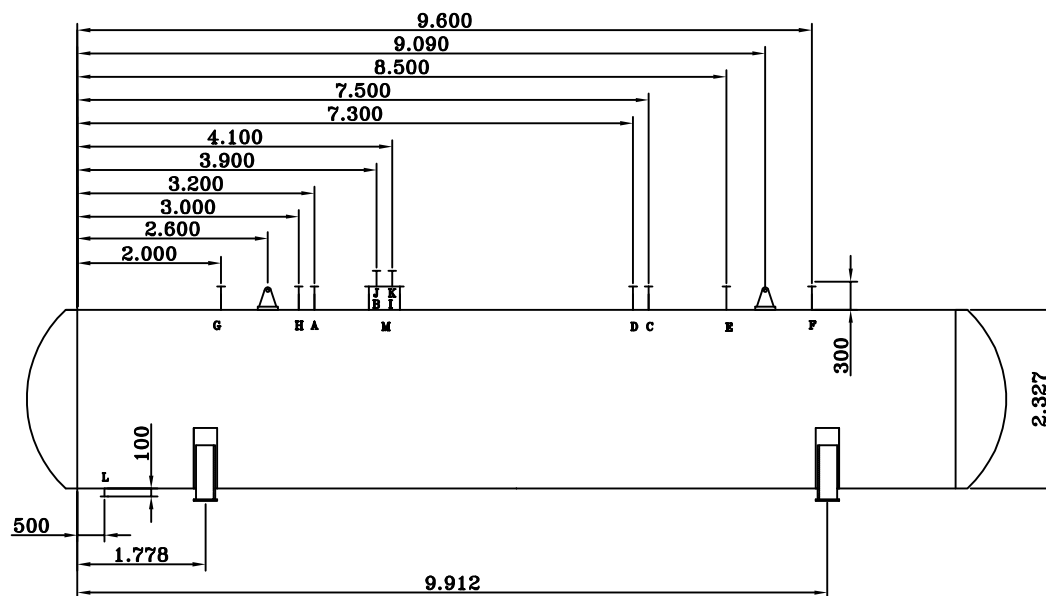
- Las zonas de paso, salidas, y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial las salidas y vías de circulación prevista para la evacuación el caso de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas en todo momento.
- Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas y adecuadas. A tal fin las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitirán dicha limpieza y mantenimiento.
- Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

11. NORMATIVA APLICABLE

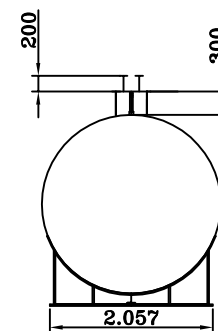
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Orden de 9 marzo de 1971, BOE 16 y 17. Corrección de errores BOE 03.04.71.
- Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de 1995. BOE 10.11.95.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 485/1997 de Señalización de Seguridad.
- RD 486/1997 de condiciones en lugares de trabajo.
- RD 487/1997 sobre manipulación de cargas.
- RD 773/1997 de utilización de Equipos de Protección Individual.

Documento II: PLANOS.

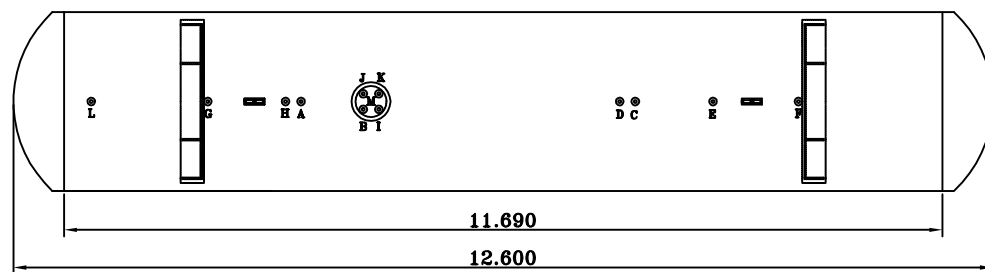
ALZADO



PERFIL

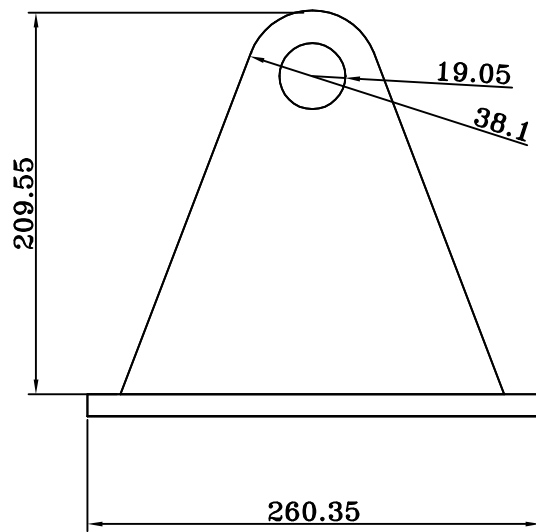


PLANTA

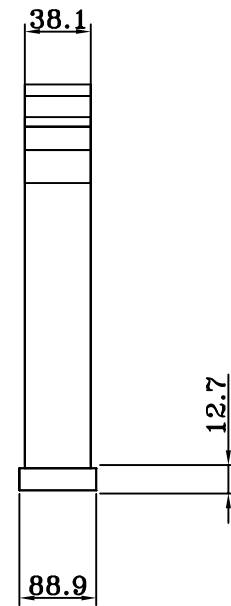


Nº plano:	1	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE GPL				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

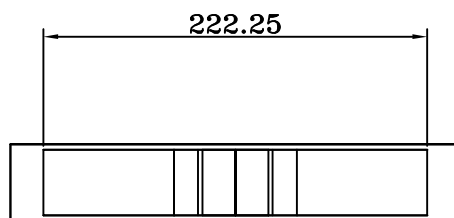
ALZADO



PERFIL

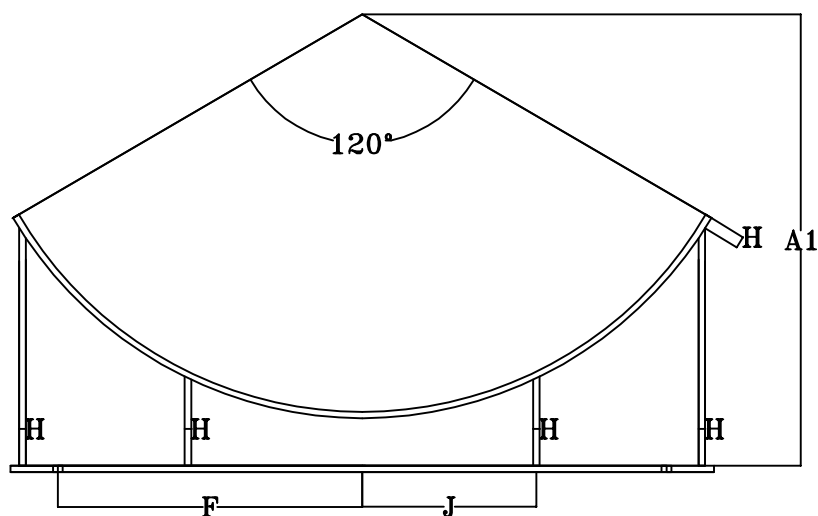


PLANTA

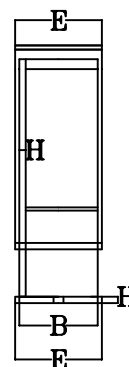


Nº plano:	2	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz
Nombre:	DETALLE DEL DEPÓSITO: OREJETAS			
Autor:	Gloria Vaca Muñoz			
Escala:	Proyecto:			Firma:
1:3	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz			

ALZADO



PERFIL



PLANTA

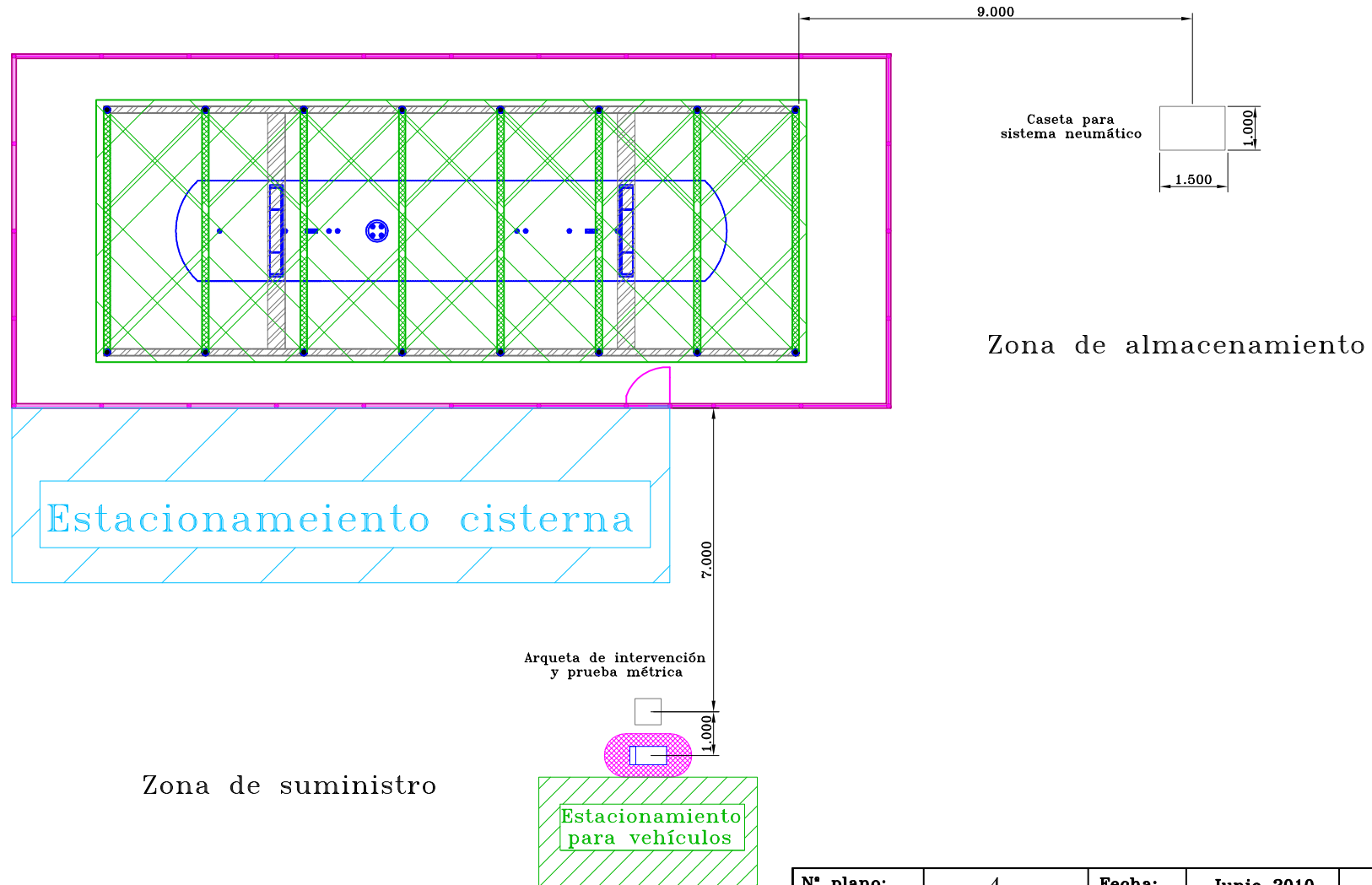


VALORES DE LOS PARÁMETROS DE LAS SILLETAS

A1=1.320 mm	F=889,0 mm
B=228,6 mm	G=2.057,4 mm
C=2.006,6 mm	H=18,875 mm
E=254,0 mm	J=508,0 mm

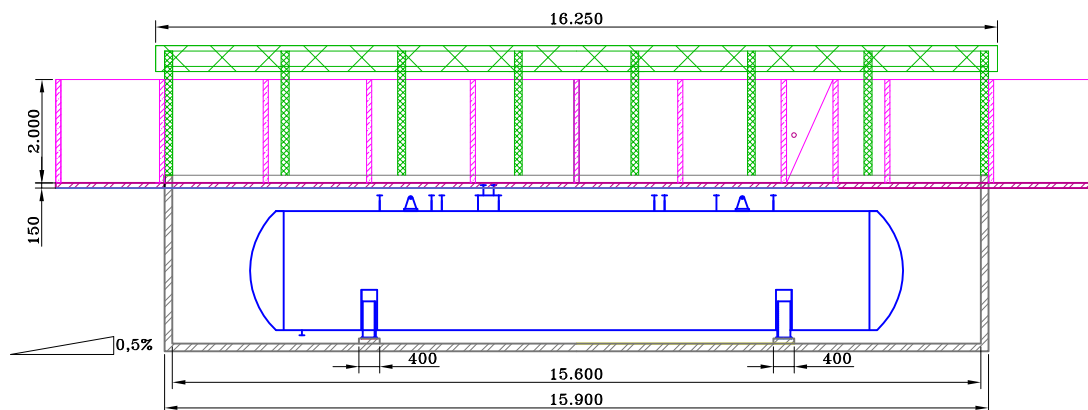
Nº plano:	3	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	DETALLE DEL DEPÓSITO: SILLETAS				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:20	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

PLANTA

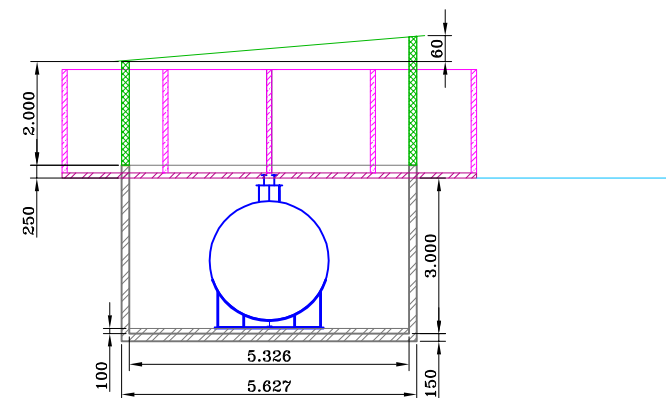


Nº plano:	4	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	ESTACIÓN DE SUMINISTRO DE GPL				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

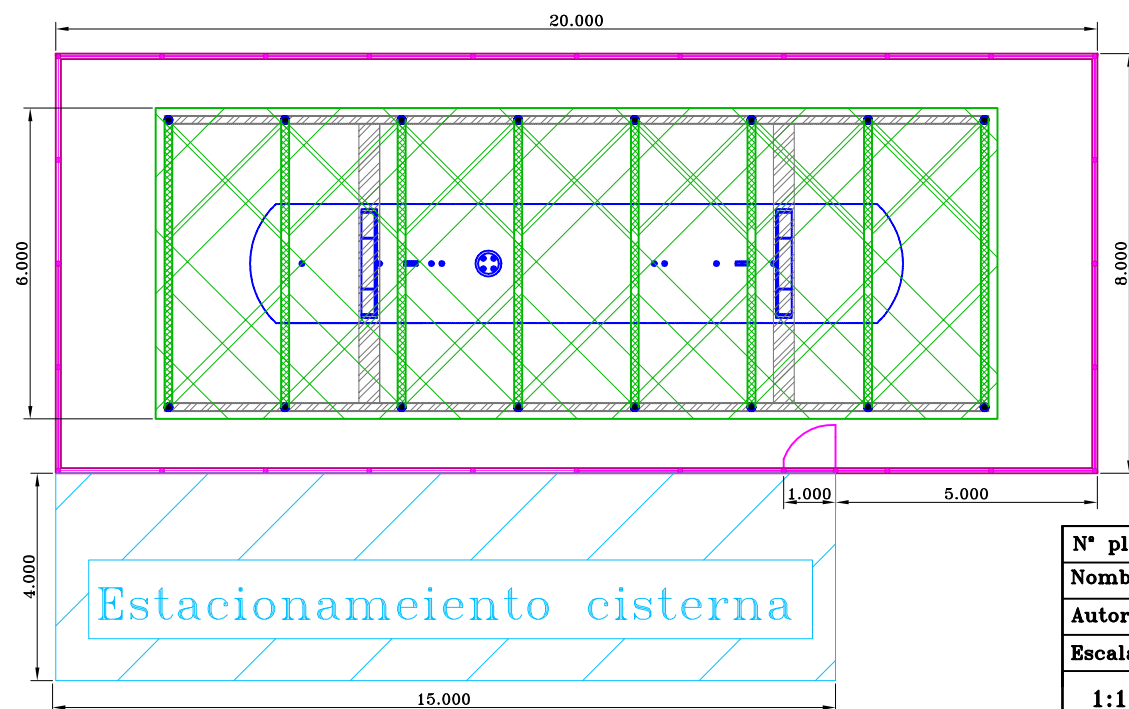
ALZADO



PERFIL

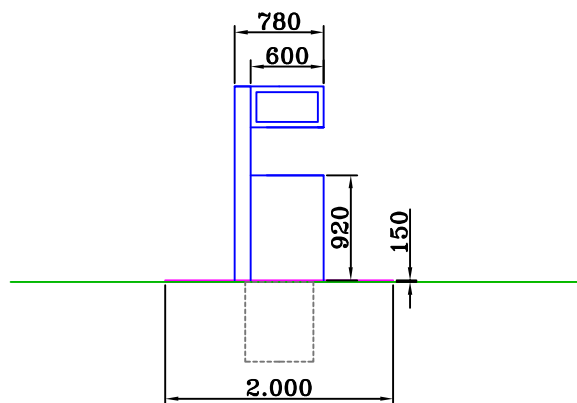


PLANTA

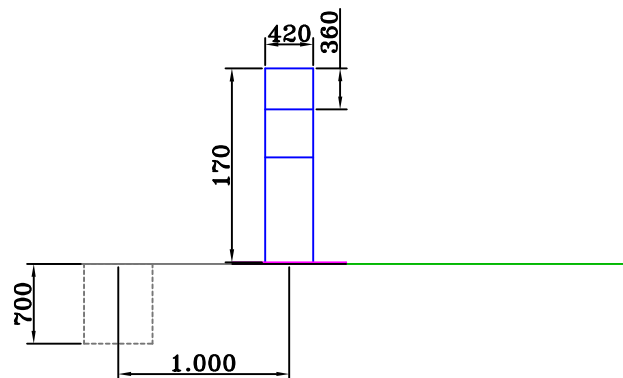


Nº plano:	5	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	ZONA DE ALMACENAMIENTO				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

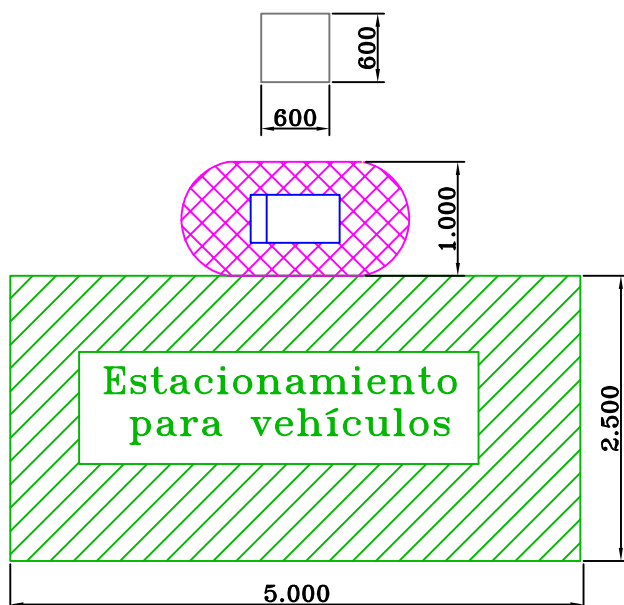
ALZADO



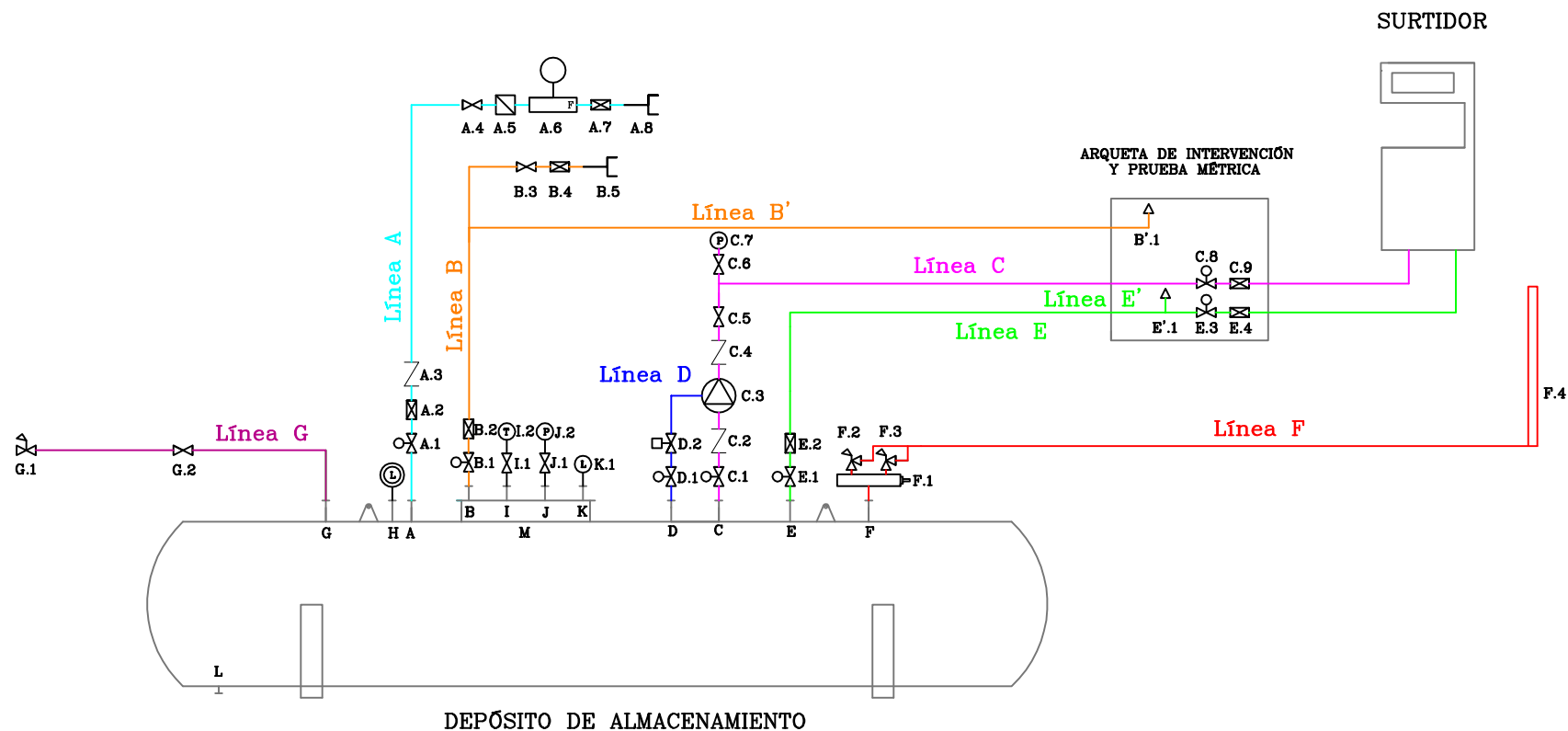
PERFIL



PLANTA



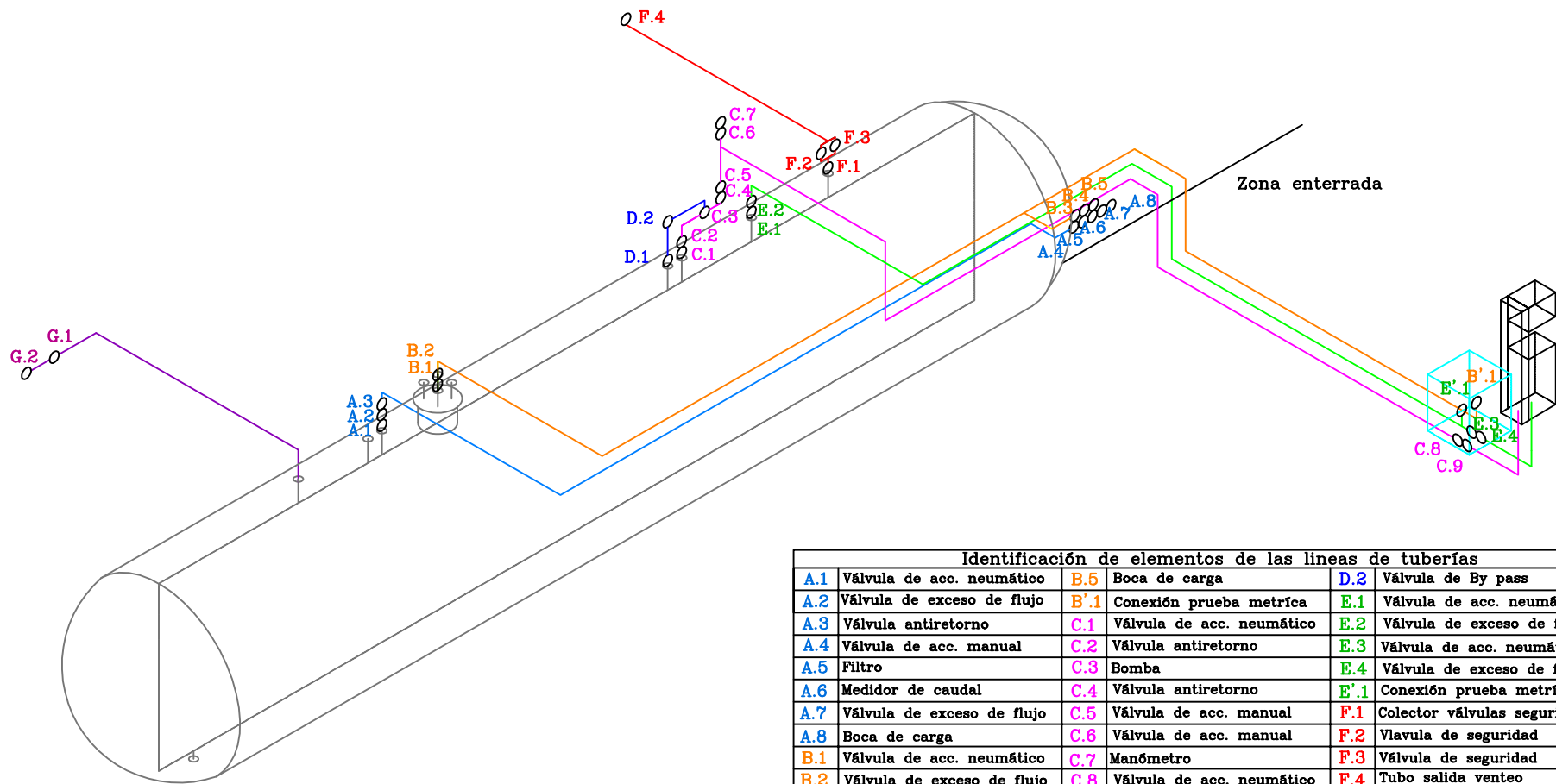
Nº plano:	6	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz
Nombre:	ZONA DE SUMINISTRO			
Autor:	Gloria Vaca Muñoz			
Escala:	Proyecto:			Firma:
1:50	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz			



Identificación de elementos			
	Válvula de accionamiento manual		Colector para válvulas de seguridad
	Válvula de accionamiento neumático		Bomba
	Válvula dead man		Alarma de máximo nivel de llenado
	Válvula de By pass		Termómetro
	Válvula de exceso de flujo		Manómetro
	Válvula de seguridad		Medidor de nivel
	Válvula antirretorno		Filtro
	Conexión para prueba métrica		Medidor de caudal con vaso de expansión
	Boca de carga		

Identificación de las líneas de tuberías			
A	Llenado del depósito	E	Retorno del surtidor
B	Retorno a la cisterna	F	Válvulas de seguridad
C	Bomba: Impulsión hacia surtidor	G	Puerga superior
D	By pass de la bomba	B'E'	Conexión para prueba métrica

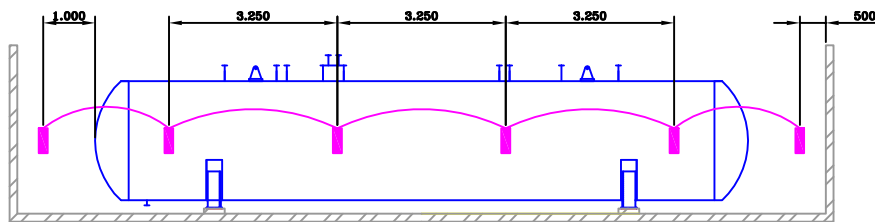
Nº plano:	7	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	ESQUEMA DE FLUJO				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				



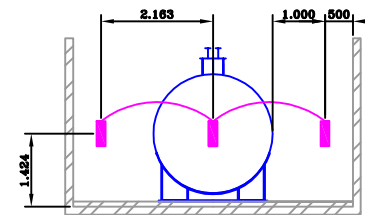
Identificación de elementos de las líneas de tuberías					
A.1	Válvula de acc. neumático	B.5	Boca de carga	D.2	Válvula de By pass
A.2	Válvula de exceso de flujo	B'.1	Conexión prueba métrica	E.1	Válvula de acc. neumático
A.3	Válvula antirretorno	C.1	Válvula de acc. neumático	E.2	Válvula de exceso de flujo
A.4	Válvula de acc. manual	C.2	Válvula antirretorno	E.3	Válvula de acc. neumático
A.5	Filtro	C.3	Bomba	E.4	Válvula de exceso de flujo
A.6	Medidor de caudal	C.4	Válvula antirretorno	E'.1	Conexión prueba métrica
A.7	Válvula de exceso de flujo	C.5	Válvula de acc. manual	F.1	Colector válvulas seguridad
A.8	Boca de carga	C.6	Válvula de acc. manual	F.2	Válvula de seguridad
B.1	Válvula de acc. neumático	C.7	Manómetro	F.3	Válvula de seguridad
B.2	Válvula de exceso de flujo	C.8	Válvula de acc. neumático	F.4	Tubo salida venteo
B.3	Válvula de acc. manual	C.9	Válvula de exceso de flujo	G.1	Válvula de acc. manual
B.4	Válvula de exceso de flujo	D.1	Válvula de acc. neumático	G.2	Válvula dead man

Nº plano:	8	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz
Nombre:	RED DE TUBERÍAS			
Autor:	Gloria Vaca Muñoz			
Escala:	Proyecto:			Firma:
1: 100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz			

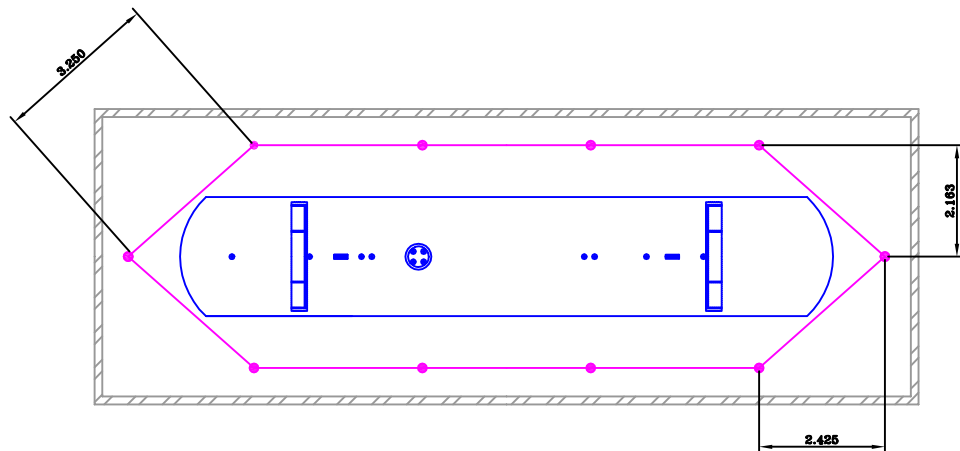
ALZADO



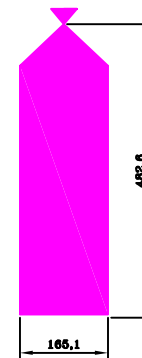
PERFIL



PLANTA

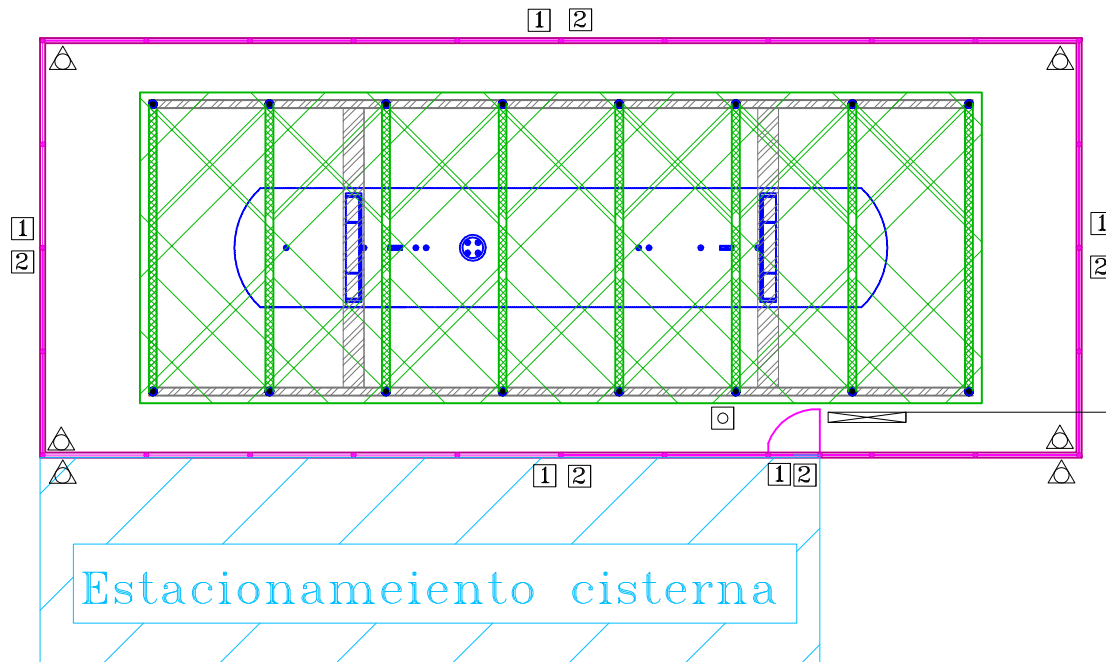


Detalle: Ánodo de sacrificio



Nº plano:	9	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

PLANTA



Zona de almacenamiento

Caseta para sistema neumático



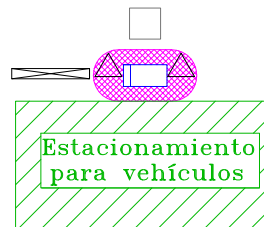
Detalle de información y elementos situados en los paneles informativos



Identificación de elementos

△	Extintor manual de 9 kg	3	Prohibiciones específicas
△	Extintor manual de 6 Kg	4	Normas de funcionamiento
○	Pulsador de emergencia	5	Esquema de la instalación
1	Cartel de "Gas Inflamable"	6	Gestión de emergencias
2	Cartel de "Prohibido fumar y encender fuego"		Panel informativo

Arqueta de intervención y prueba métrica



Zona de suministro

Nº plano:	10	Fecha:	Junio 2010	Universidad de Cádiz	
Nombre:	EQUIPOS CONTRA INCENDIOS Y SEÑALIZACIÓN				
Autor:	Gloria Vaca Muñoz				
Escala:	Proyecto:			Firma:	
1:100	Diseño de un sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz				

Documento III:
PLIEGO DE
CONDICIONES.

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. Objetivo del Pliego de Condiciones

El presente pliego de condiciones tiene por objeto recoger las exigencias técnicas, económicas, administrativas y legales que han de regir para la ejecución del proyecto: “*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz*” de forma que pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

Se entiende por obras accesorias, aquellas que por su naturaleza, no puedan ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos. Las obras accesorias, se construirán según se vaya conociendo su necesidad. Cuando la importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el ingeniero director de la obra.

1.2. Obras accesorias no especificadas

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquier clase de obras o instalaciones que no se encuentren descritas en este pliego de condiciones, el adjudicatario estará obligado a realizarlas con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, reciba del ingeniero director de obra.

El ingeniero director de obra tendrá plenas atribuciones para sancionar la idoneidad de los sistemas empleados, los cuales estarán expuestos para su aprobación de forma que, a su juicio, las obras o instalaciones que resulten defectuosas total o parcialmente, deberán ser demolidas, desmontadas o recibidas en su totalidad o en parte, sin que ello dé derecho a ningún tipo de reclamación por parte del adjudicatario.

1.3. Documento que definen la obra

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al contratista pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- ▶ Documento I: Memoria.
- ▶ Documento II: Planos.
- ▶ Documento III: Pliego de Condiciones
- ▶ Documento IV: Presupuesto.

Son documentos contractuales los planos, pliego de condiciones y presupuestos, que se incluyen en el presente proyecto. Los datos incluidos en la memoria y anexos tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planteamiento de la obra, deberá ponerse en conocimiento de la dirección técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos

En caso de contradicción entre los planos y el pliego de condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último. Lo mencionado en los planos y omitido en el pliego de condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

1.5. Dirección de las obras

El contratista deberá seguir las instrucciones del director de la obra en todo lo referente a calidad y acopio de materiales, ejecución de la obra, modificaciones del proyecto, programa de trabajo y precauciones a adoptar.

La propiedad nombrará en su representación a un ingeniero químico, en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto. El contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el ingeniero director o sus subalternos puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

2.1. Diseño y ejecución de la instalación

El diseño, construcción, montaje y explotación de las estaciones de servicio de GPL se realizará con arreglo a lo establecido en la norma UNE 60630.

2.2. Replanteo

La dirección de obra procederá al replanteo de las obras en presencia del contratista, marcando convenientemente sobre el terreno todos los puntos de referencia necesarios para su ejecución. De esta operación se extenderá un acta, por triplicado, o diligencia en el libro de órdenes, que deberá ser suscrita por la dirección de obra, y por la contrata, dejando constancia de la buena realización del replanteo y su concordancia con el terreno, o por el contrario, variarlo si es preciso y redactar un proyecto reformado. En el primer caso, podrán iniciarse las obras, mientras que en el segundo se dará conocimiento a la propiedad. Ésta, tomará la resolución que proceda y se la comunicará al contratista, al objeto de la prórroga del plazo y de la posibilidad de rescisión del contrato.

El contratista facilitará todos los medios precisos para la materialización de los replanteos, asumiendo la responsabilidad del mantenimiento de las señales o datos que se fijen sobre el terreno para su cálculo.

2.3. Condiciones de Ejecución

Las condiciones de ejecución, condiciones funcionales de los materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento serán establecidos en las normas NBE (Normas Básicas de la Edificación) y NTE (Normas Tecnológicas de la Edificación), así como las correspondientes si procede a equipos, materiales o maquinaria. Se considerarán:

2.3.1. Movimiento de tierras

Aquí se incluyen los terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación y excavaciones de zanjas y pozos.

La excavación se ajustará a las dimensiones que figuren en los planos o a lo que indique el ingeniero.

2.3.2. Obras de saneamiento

Contempla los sistemas de captación y conducción de aguas del subsuelo para protección de la obra contra la humedad y las redes de evacuación de aguas pluviales y residuos, desde los puntos donde se cogen hasta la red de alcantarillados, pozos de filtración o equipos de depuración.

2.3.3. Cimentaciones

Se incluyen las operaciones de eliminación de troncos, raíces de árboles y otros obstáculos que se encuentren en dicha zona, según normas NBE y NTE.

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el ingeniero director señale, con independencia de lo señalado en el proyecto, que tienen carácter meramente informativo. No se rellenarán los cimientos hasta que lo ordene el director.

2.3.4. Estructuras metálicas

Se incluyen las operaciones relacionadas con el diseño, fabricación y montaje de acero para estructuras, según normas NBE, NTE y las especificadas para materiales.

2.3.5. Albañilería

Se incluyen aquí los puntos señalados por los planos, de los bloques de hormigón, ladrillo, piedra y revestimientos de suelos y techos.

2.3.6. Instalación eléctrica

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el reglamento electrotécnico de alta y baja tensión y normas MBT complementarias.

2.3.7. Instalaciones de fontanería

Se indican las operaciones de abastecimiento y distribución de agua.

2.3.8. Instalaciones de ventilación

Incluyen las instalaciones de ventilación de la instalación.

2.3.9. Instalaciones de Protección contra Incendios

Se indican las instalaciones de protección contra fuegos y pararrayos.

2.3.10. Pinturas

Se indican las operaciones de acabado de pinturas y de las superficies exteriores del edificio, incluyendo la pintura protectora de las superficies metálicas, tales como depósito y tuberías.

2.4. Documentación y puesta en servicio

2.4.1. Autorización administrativa

La construcción de estaciones de servicio para vehículos a motor que utilizan combustibles gaseosos no precisan autorización administrativa.

2.4.2. Documentación técnica

La construcción de la estación de servicio precisará de proyecto, elaborado por un técnico facultativo competente que incluirá, como mínimo lo siguiente:

- ▶ Objeto del proyecto.
- ▶ Ubicación y propiedad.
- ▶ Autor del proyecto.
- ▶ Titular de la instalación.
- ▶ Reglamentación que se aplica.
- ▶ Descripción, planos y cálculos justificativos de la instalación.
- ▶ Planos de detalle.
- ▶ Diagramas de flujo, de conexión y del circuito eléctrico.
- ▶ Pruebas y ensayos a efectuar.
- ▶ Funcionamiento de la instalación.
- ▶ Explotación de la instalación.
- ▶ Mantenimiento y revisión de la instalación.
- ▶ Documentación relativa a la seguridad y planes de emergencia.
- ▶ Presupuesto general.

Se mantendrá la necesaria coordinación con los capítulos constructivos e instalaciones de forma que no se produzca una duplicación en la documentación.

El técnico facultativo competente o el instalador autorizado, según el caso, que firme dicha documentación técnica, será directamente responsable de que la misma se adapte a las exigencias reglamentarias.

2.4.3. Ejecución

La construcción de la instalación de gas de la estación de servicio deberá ser realizada por una empresa instaladora de gas. El resto de la instalación se realizará bajo la responsabilidad del titular de la estación de servicio.

Cuando las instalaciones de gas concurren con las correspondientes a otras energías o servicios deberán adoptarse las medidas precautorias correspondientes, en especial por lo que se refiere a las canalizaciones y distancias en cruces y paralelismos, según lo establecido en los reglamentos específicos y las ITCs que les sean de aplicación.

2.4.4. Pruebas previas

Finalizadas las obras y el montaje de la instalación, y previa a su puesta en servicio, la empresa instaladora que la ha ejecutado, bajo la supervisión del director de obra, realizará las pruebas previstas en la norma UNE 60630, debiendo anotar en el certificado el resultado de las mismas.

Una vez superadas las pruebas indicadas en el párrafo anterior, la puesta en servicio de la instalación conllevará la realización de una inspección inicial. Durante esta inspección se realizarán los ensayos y las verificaciones establecidos en la norma UNE 60630.

Dichas operaciones serán realizadas por el organismo de control, asistido por la empresa instaladora y por el director de obra. Durante los ensayos el director de obra y la empresa instaladora, deberán tomar todas las precauciones necesarias para que se efectúen en condiciones seguras de acuerdo con lo reflejado en la norma UNE 60250.

2.4.5. Certificados

Una vez finalizada la instalación y realizadas, en su caso, las pruebas previas con resultado favorable, así como la inspección citada en el apartado 2.4.4, deberá procederse como sigue:

La empresa instaladora cumplimentará el correspondiente certificado de instalación, que se emitirá por triplicado, con copia para el titular de la instalación y para el órgano competente de la Comunidad Autónoma. En él se hará constar que las pruebas realizadas se han realizado de conformidad con lo establecido en el *reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus ITCs* y de acuerdo con la documentación técnica. En su caso, identificará y justificará las variaciones que se hayan producido en la ejecución con relación a lo previsto en dicha documentación. Asimismo, en todos los casos el organismo de control, una vez finalizados los ensayos con resultado favorable, emitirá un certificado de inspección, con copia para el titular de la instalación, la empresa instaladora, y el director de obra, con lo que la instalación quedará en disposición de servicio.

El director de obra emitirá también el correspondiente certificado de dirección de obra, con copia para el titular de la instalación y para el órgano competente de la Comunidad Autónoma. Como anexo incluirá indicaciones sobre el estado en que quedó la instalación de protección contra la corrosión y el relleno de la fosa de los depósitos, actas de las pruebas y ensayos realizados, una lista de los componentes de la instalación y sus características y una justificación de homologación de los componentes y equipos que reglamentariamente lo requieran. En su caso, se justificarán las variaciones en la instalación en relación con el proyecto.

2.4.6. Puesta en servicio

Una vez expedido el certificado de inspección, la instalación se considerará en disposición de servicio, momento en que el titular de la misma podrá ponerse en contacto con el comercializador o el distribuidor para solicitar el primer suministro a la instalación.

2.4.7. Comunicación a la administración

De acuerdo a lo establecido en el artículo 5.7 del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseoso* se presentará por duplicado, en un plazo máximo de 15 días hábiles a contar desde la fecha del primer llenado, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, recibiendo copia diligenciada, la documentación indicada en dicho artículo y relacionada a continuación:

- ▶ Certificado de instalación.

- ▶ Fecha en que el distribuidor ha realizado el primer suministro.
- ▶ Certificado de inspección.
- ▶ Proyecto constructivo de la instalación.
- ▶ Certificado de dirección de obra.

Plan de Mantenimiento, bien sea a través de contrato externo o por medios propios.

2.5. Mantenimiento y revisiones periódicas

El mantenimiento y las revisiones periódicas de las estaciones de servicio se realizarán de acuerdo con las disposiciones de la norma UNE 60630.

El titular de la estación de servicio es el responsable de que las instalaciones incluidas en la misma se encuentren en todo momento en perfectas condiciones de funcionamiento y conservación, para lo cual deberá efectuar periódicamente y por medio del personal de explotación las comprobaciones y verificaciones necesarias para conocer en todo momento el estado de la instalación.

El titular de la estación de servicio será responsable de solicitar cada cinco años la realización de la revisión periódica de la instalación a un organismo de control, que emitirá el correspondiente certificado de revisión. En cualquier caso, el titular o usuario, según el caso, tendrá la facultad de elegir libremente la empresa encargada de realizar las adecuaciones que se deriven del proceso de control periódico.

La anterior revisión no incluirá los depósitos de almacenamiento de GPL, para cuyo mantenimiento el titular de la estación deberá actuar conforme a los criterios y exigencias que se establecen para las Instalaciones de almacenamiento de GPL en depósitos fijos. Deberán sustituirse todas las mangueras de suministro de carburante a los vehículos al menos cada cinco años.

En cada estación de servicio existirá un Libro de Mantenimiento o un archivo documental con las actas de todas las operaciones realizadas, que deberá poder ser consultado por el órgano administrativo competente cuando éste lo considere conveniente, que estará en poder del titular de la estación. Todas las intervenciones sobre las instalaciones deberán registrarse en el Libro de Mantenimiento de la instalación o archivo documental. Éste indicará

la fecha, persona e intervención realizada. Cada intervención deberá ser firmada por la persona que la realice y por el titular de la instalación.

2.6. Información a los usuarios

En las instalaciones receptoras, como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de la instalación de gas, la empresa instaladora deberá confeccionar unas instrucciones para el correcto uso y mantenimiento de la misma. Dichas instrucciones incluirán, en cualquier caso, un croquis del trazado de la instalación con indicación de sus principales características (materiales, uniones, válvulas, etc.). El suministrador facilitará a sus clientes, con una periodicidad al menos bienal y por escrito, las recomendaciones de utilización y medidas de seguridad para el uso de sus instalaciones.

2.7. Empresas y personal que intervienen en instalaciones y aparatos de gas

2.7.1. Empresas instaladoras de gas

Las instalaciones se ejecutarán por empresas instaladoras de gas autorizadas para el ejercicio de la actividad según lo establecido en la ITC-ICG 09 del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos*, sin perjuicio de su posible proyecto y dirección de obra por técnicos facultativos competentes. Según lo establecido en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992, las autorizaciones concedidas por los correspondientes órganos competentes de las Comunidades Autónomas a las empresas instaladoras tendrán ámbito estatal.

2.7.2. Instaladores de gas

Los profesionales gasistas que realicen actividades como instaladores de gas deberán disponer del correspondiente carné de instalador, si bien para ejercer su actividad, la deberán realizar en el seno de una empresa instaladora de gas, conforme a lo dispuesto en la ITC-ICG 09 del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos*. Dichos carnés tendrán ámbito estatal.

Los profesionales gasistas que realicen actividades de puesta en marcha y adecuación de aparatos de gas deberán cumplir con lo dispuesto en la ITC-ICG 08 del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos*.

3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

3.1. Obligaciones y derechos del contratista

La propiedad entregará al contratista, libre de todo gasto, tres copias de todos los planos necesarios para la ejecución del trabajo.

Se considerará que el contratista ha comprobado el lugar de construcción, los planos, especificaciones y listas antes de presentar su oferta, y que ha quedado conforme con las condiciones en que habrá que ejecutarse el trabajo.

Deberá conocer las disposiciones laborales, o de otra índole vigente, que pueden ser de aplicación en la realización del trabajo; la disponibilidad de mano de obra local, la disponibilidad de materiales, las condiciones locales de transporte y alojamiento del personal. No se admitirá ninguna reclamación del mismo por no haber hecho anteriormente dicha comprobación. El contratista proporcionará un número suficiente de operarios competentes y el personal supervisor y administrativo necesario a fin de cumplir con el programa de construcción.

Durante todo el periodo de ejecución del trabajo, el contratista destacará en la obra un jefe de obra competente y tantos ayudantes como sean necesarios para controlar o supervisar a todo su personal y administrar adecuadamente el contrato.

El jefe de obra será plenamente responsable de la dirección y organización del trabajo, como también del manejo y control del personal del contratista empleado para la ejecución de la obra, debiendo conocer detalladamente las condiciones y términos del contrato. El contratista no podrá cambiar su jefe de obra si no es bajo previa autorización por escrito de la propiedad.

El contratista debe cumplir todas las reglamentaciones y órdenes, aplicables a las prácticas de salarios y empleos y en proceder de acuerdo con la política de la propiedad en los asuntos que afecten a las prácticas locales.

El contratista, mantendrá en condiciones adecuadas las facilidades temporales relativas a los servicios higiénicos y de resguardo de sus empleados y proporcionará de forma continuada, en el sitio de la obra durante la construcción, servicios apropiados de reconocimiento y primeros auxilios. También se tomarán las precauciones necesarias para una rápida asistencia médica en el lugar más cercano que proporcione dichos servicios.

El incumplimiento por parte de un empleado de la empresa contratista de las reglas y prácticas requeridas por la propiedad será justificada suficientemente para su despido.

Los empleados del contratista deben estar sujetos a identificación y provistos de los documentos aceptados por la propiedad para este efecto. El contratista mantendrá en el sitio de la obra un expediente individual de cada persona que regularmente se emplee en la construcción de la obra. Todos los empleados que visiten la planta deben seguir las instrucciones relativas a seguridad e identificación, tal como si estuvieran regularmente empleados en el sitio de la obra. Cualquiera de los oficiales de seguridad puede, en cualquier momento, solicitar la identificación apropiada y/o el de empleo de cualquier persona.

La propiedad notificará al contratista la reglamentación que afecte a visitas, accesos, entrada de automóviles en el recinto de la obra, pases especiales y zonas prohibidas de la línea de proceso.

3.2. Trabajo, materiales y medios auxiliares

3.2.1. Libro de órdenes

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, existirá en ella, en todo momento mientras dure su ejecución, el libro de órdenes, en el que se reflejarán las visitas realizadas por la dirección de la obra, las incidencias surgidas y en general todos aquellos datos que sirvan para determinar con certeza si el contratista ha cumplido los plazos y fases de ejecución previstas para la realización del proyecto. Las anotaciones en el libro de órdenes darán fe a efectos de determinar eventuales causas de resolución y demás incidencias del contrato. Cuando el contratista no estuviese conforme, podrá alegar en su defensa todas aquellas razones y circunstancias que avalen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes.

3.2.2. Comienzo de los trabajos y plazo de ejecución

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero director del comienzo de los trabajos, antes de transcurrir 24 horas de su iniciación: previamente se habrá suscrito el acta de replanteo.

El Adjudicatario comenzará las obras dentro del plazo de 15 días desde la fecha de adjudicación. Dará cuenta al ingeniero director, mediante oficio, del día en que se propone iniciar los trabajos, debiendo este dar acuse de recibo.

Las obras quedarán terminadas dentro del plazo establecido en el contrato. El contratista está obligado al cumplimiento de todo cuanto se dispone en la reglamentación oficial del trabajo.

3.2.3. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

El contratista, como es natural, debe emplear los materiales y mano de obra que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales de Índole Técnica" y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que el ingeniero director o sus subalternos no la hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra que siempre se supone que se extienden y abonan a buena cuenta.

3.2.4. Trabajos defectuosos

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el ingeniero director o su representante en la obra adviertan vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados, o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrán disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata.

3.2.5. Materiales no utilizables o defectuosos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos sin que antes sean examinados y aceptados por el ingeniero director, en los términos que prescriben los pliegos de condiciones.

Cuando los materiales o aparatos no fueran de la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el ingeniero director dará orden al contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas en los pliegos o, a falta de éstos, a las órdenes del ingeniero director.

3.2.6. Medios auxiliares

Serán de cuenta y riesgo del contratista, los andamios, cimbras, máquinas y demás medios auxiliares que para la debida marcha y ejecución de los trabajos se necesiten, no cabiendo por tanto, al propietario responsabilidad alguna por cualquier avería o accidente personal que pueda ocurrir en las obras por insuficiencia de dichos medios auxiliares.

Serán asimismo de cuenta del contratista, los medios auxiliares de protección y señalización de la obra, tales como vallado, elementos de protección provisionales, señales de tráfico adecuadas, señales luminosas nocturnas, etc. Y todas las necesarias para evitar accidentes previsibles en función del estado de la obra y de acuerdo con la legislación vigente.

3.3.Recepción y liquidación

3.3.1. Recepción provisional de las obras

Terminado el periodo de la prueba de funcionamiento con resultado satisfactorio se procederá a la recepción provisional de la forma que dispone de la legislación vigente. Para ello deberán haberse cumplido las condiciones siguientes:

- ▶ Resultado satisfactorio de las pruebas realizadas.
- ▶ Cumplimiento de todas las obligaciones en el contrato o en acuerdos posteriores.

En el acto de recepción estarán presentes: la persona en quien delegue la entidad promotora de las obras, la dirección de obra de las mismas y el contratista, levantándose acta del mismo.

El acta de recepción contendrá necesariamente los siguientes documentos:

- ▶ Relación de problemas de funcionamiento pendientes de resolver si diera el caso.

- ▶ Relación de los puntos que deben ser estudiados o vigilados especialmente durante el periodo de garantía.
- ▶ Protocolo de las pruebas de rendimiento y funcionamiento a realizar durante el periodo de garantía.

En el caso de que las obras no se hallaran en estado de ser recibidas, se hará constar así en el acta, con medición de las circunstancias o defectos que lo impidan, dándose las instrucciones precisas y detalladas por la dirección de obra al contratista a efectos de subsanar los defectos observados, fijándose plazo para efectuarlo, a cuyo vencimiento se realizará una nueva inspección para la recepción provisional de las obras. Si el contratista no subsanase los defectos encontrados se producirá la rescisión del contrato, con pérdida de las retenciones practicadas a no ser que la propiedad juzgue oportuno conceder un nuevo e improrrogable plazo.

El plazo de garantía comenzará a contarse a partir de la fecha de la recepción provisional positiva de la obra.

En la recepción provisional, el contratista deberá presentar las autorizaciones de los organismos oficiales para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran, no se realizará la recepción provisional ni, como es lógico la definitiva, si no se cumple este requisito.

3.3.2. Periodo de garantías

El contratista garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su correcta manipulación.

El plazo de garantía será de doce meses, a no ser que se especifique otro periodo en el proyecto de detalle, durante el cual el contratista corregirá los defectos observados, eliminará y volverá a ejecutar las obras rechazadas y reparará los desperfectos que se produzcan, todo ello a su cargo y sin derecho de indemnización alguna.

En caso de que el contratista no cumpliera con esta obligación, las reparaciones serán ejecutadas por la propiedad con cargo a las retenciones.

Junto con la recepción final de los equipos se entregará una lista de repuestos, precio y lugares de adquisición recomendados de los mismos.

El contratista podrá contratar con la propiedad un contrato de mantenimiento preventivo o de asistencia en caso de avería, que cubra el periodo de garantía y el tiempo posterior a éste.

Para poder decidir sobre las cuentas pendientes de resolver o que surjan durante el periodo de garantía o en la ejecución de pruebas, incluyendo naturalmente las reparaciones, modificaciones o sustituciones que se presenten, el contratista queda obligado a mantener un representante con capacidad y obligación de firmar las actas que se vayan levantando.

El contratista garantiza a la propiedad contra toda reclamación de terceras personas que tuvieran su origen en el incumplimiento de sus obligaciones económicas o de las disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva, la Propiedad devolverá, en su caso, las cantidades retenidas al contratista en las certificaciones.

3.3.3. Recepción definitiva

Dentro del mes siguiente al cumplimiento del plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva de las obras.

Si las obras se encontrasen en las condiciones debidas, se procederá a su recepción definitiva, de la que se levantará acta, en virtud de lo cual el contratista quedará relevado de toda responsabilidad.

El acta de recepción definitiva de las obras se efectuará después de terminado el periodo de garantía en la forma que dispone la legislación vigente. En dicho acta deberán quedar resueltas todas las cuestiones que en el acta de recepción provisional quedaron pendientes del funcionamiento durante el periodo de garantía.

3.3.4. Documentación final de la Obra

El contratista entregará a la dirección de obra, antes de la recepción definitiva, tres ejemplares del documento elaborado como final de obra. Dicho documento deberá recoger todas las incidencias acaecidas en la obra desde su inicio hasta su finalización, así como aquellas modificaciones que durante el transcurso de la misma hayan tenido lugar. Del mismo modo, quedarán perfectamente reflejadas, mediante la documentación gráfica correspondiente, la ubicación final de todas las instalaciones para que, de

este modo se facilite cualquier trabajo de reparación o modificación que resulte necesario llevar a cabo con posterioridad.

3.4. Facultades de la dirección de obra

Además de todas las facultades particulares, que corresponden al ingeniero director, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya, la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realicen bien por si o por medio de sus representantes técnicos y ello con autoridad técnica legal, completa e indiscutible, incluso en todo lo no previsto específicamente en el "Pliego General de Condiciones" sobre las personas y cosas situadas en la obra y en relación con los trabajos que para la ejecución de los edificios y obras anejas se lleven a cabo, pudiendo incluso, recusar al contratista, si considera que el adoptar esta resolución es útil y necesaria para la debida marcha de la obra.

4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

4.1. Base fundamental

Como base fundamental de estas "Condiciones Generales de Índole Económica", se establece el principio de que el contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al proyecto y condiciones generales y particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

4.2. Garantías

El director de obra podrá exigir al contratista, la presentación de referencias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si este reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias si le son pedidas, las presentara el contratista antes de la firma del contrato.

4.3. Fianzas

El contratista prestará fianza que se corresponderá con un depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe del 5% del precio total de contrata.

La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de treinta días, una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra, siempre y cuando no existan penalizaciones de algún tipo por incumplimiento de algún apartado del contrato, en cuyo caso se descontará de la fianza el valor de los mismos devolviendo el resto al contratista en ese mismo plazo. La propiedad podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos, etc.

4.4. Composición de precios unitarios

Todos los precios unitarios se entienden valorados para cada partida totalmente terminada y, en el caso de equipos y maquinaria funcionando, están comprendidos en ella la parte proporcional de costes de puesta a punto, permisos, boletines, licencias, tasas, suministros para pruebas, etc.

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar las siguientes partidas:

- ▶ Materiales, expresando las cantidades que en cada unidad de obra se precisen de cada uno de ellos y su precio unitario respectivo de origen.
- ▶ Mano de obra por categorías dentro de cada oficio, expresando el número de horas invertidas por cada operario en la ejecución de cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- ▶ Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de la obra, expresando el precio del transporte de unidades.
- ▶ Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad sobre la suma de conceptos anteriores en las unidades de obra que se precisen.
- ▶ Tanto por ciento de seguros sociales y cargas vigentes sobre el costo de la mano de obra, especificando en documento aparte, la cuantía de cada concepto del seguro o carga.
- ▶ Tanto por ciento de gastos generales, sobre la suma de conceptos anteriores.
- ▶ Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista, aplicando a la suma total de los conceptos anteriores.

Se denominará Precio de Ejecución Material (P.E.M.) al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos, a excepción del beneficio industrial.

La suma de todas las cantidades que importan las siete partidas se entiende que es el precio unitario contratado (Precio de Ejecución por Contrata).

Todas las partidas que intervienen en el presupuesto tendrán su precio unitario descompuesto descrito de forma completa, de manera que queden precisadas y determinada cualitativa y cuantitativamente todas las características técnicas importantes de cada unidad a ejecutar (también sus prestaciones en el caso de equipos), y su precio final estará escrito en letras, expresado en euros con dos decimales.

4.5. Precios contradictorios

Si ocurriese algún caso excepcional e imprevisto en el que fuese necesaria la determinación de precios contradictorios entre la propiedad y el

contratista, estos precios deberán aprobarse por la propiedad a la vista de la propuesta de la dirección de obra y de las observaciones del contratista.

Si éste no aceptase los precios aprobados quedará exonerado de ejecutar las nuevas unidades.

Las unidades de obra con precios contradictorios, se introducirán al final de las partidas existentes en cada capítulo, definiéndose expresamente con dichas siglas y que van aprobadas por la administración, se entenderán incorporados a todos los efectos, a los cuadros de precios de proyecto base del contrato.

4.6. Reclamaciones de aumento de precio

Si el contratista, antes de la firma del contrato no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error y omisión reclamar un aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución de las obras.

Tampoco se le admitirá reclamación de ninguna especie fundada en indicaciones que, sobre las obras, se hagan en la memoria, por no servir este documento de base a la contrata.

Las equivocaciones materiales o errores aritméticos en las unidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión de contrato, señalados en los documentos relativos a las "Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa", sino en el caso de que el ingeniero director o el contratista los hubieran hecho notar dentro del plazo de cuatro meses contados desde la fecha de adjudicación. Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la contrata, respecto del importe del presupuesto que ha de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho presupuesto, antes de las correcciones y la cantidad ofrecida.

4.7. Revisión de Precios

Para poder en un momento dado discernir con la mayor aproximación acerca de las posibles revisiones de precios que puedan presentarse durante la obras como consecuencia de un aumento oficial autorizado, o en el caso

de una posible rescisión del contrato, los contratistas de los distintos gremios presentarán juntamente con su presupuesto de unidades de obra otra hoja firmada con los siguientes datos:

- ▶ Porcentaje de mano de obra, de materias, de gastos generales y de beneficio industrial que suponen estos conceptos con relación al importe total del presupuesto de contrata de cada gremio.
- ▶ Los precios de las distintas unidades y su descomposición con el fin de aclarar más aún cualquier duda que pudiera surgir en el caso de una liquidación parcial de obra o de revisión de precios.
- ▶ Plazo de ejecución de obra contratada.

Las propuestas de los distintos gremios se presentarán en sobre cerrado por duplicado a la dirección de obra.

Para realizar la revisión de precios se usarán los últimos índices oficiales de revisión de precios que hayan sido aprobados por la Comisión Delegada de Asuntos Económicos y que hayan sido publicados en el BOE.

Las fórmulas polinómicas con estructuras de costos en la actualidad autorizadas y por consiguiente utilizadas en las revisiones de contratos, son las derivadas del Decreto Ley 2/1964 de 4 de Febrero, por el que se modifica el 16/1963, de 10 de Octubre, sobre inclusión de cláusulas de revisión en los contratos de grados y Organismos Autónomos (BOE 6/2/64).

Las fórmulas actualmente aplicables: de la 1 a la 39 del Decreto 3650/1970 de 19 de Diciembre (B.O.E 29/12/ 70) y de la 40 a la 48 del Real Decreto 2167/1981 de 20 de agosto (B.O.E de 24/9/81).

Estas 48 fórmulas tipos, sirven para la revisión de 76 clases de obras, usando las que sean necesarias para cada trabajo.

4.8. Penalizaciones

Si finalizado el plazo de ejecución de las obras, éstas no hubieren terminado sin motivo justificado por parte de la contrata, se aplicarán los siguientes recargos a imputar al contratista desde fecha de finalización de las obras:

- ▶ Por día natural de retraso un 0.1% de la fianza, hasta el día 30.

- ▶ A partir del día 31 hasta el día 60 la penalización por día natural de retraso será de un 0.5% del valor al que ascienda la fianza.

Pasados estos plazos se rescindirá el contrato quedando obligado el contratista a responder por daños y perjuicios a esta entidad. De igual manera se actuará en caso de que se dé incumplimiento del contrato por parte del contratista.

4.9. Seguros de los trabajos

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en todo momento, con el valor que tengan, por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la sociedad aseguradora, en caso de siniestro, se ingresará a cuenta, a nombre del propietario para que con cargo a ella, se abone la obra que se construya y a medida que esta se vaya realizando.

El reintegro de la cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa de Contratista, hecha en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda rescindir la contrata, con devolución de la fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no le hubiesen abonado, pero eso en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero director.

En las obras de reforma o reparación se fijará, previamente, la proporción de edificio que se debe asegurar y su cuantía, y si nada se previese, se entenderá que el seguro ha de comprender toda parte de edificio afectado por la obra. Los riesgos asegurados y las condiciones que figuran en la póliza de seguros, los pondrá El contratista entes de contratarlos en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de este su previa conformidad o reparos.

4.10. Condiciones de pago

Los pagos se harán mensualmente por el 100 % del importe de la certificación aprobada respecto a unidades de obra completadas correspondiente al mes anterior.

Las cantidades retenidas serán reintegradas por la propiedad al contratista una vez cumplido el plazo de garantía, siempre que no se haya observado ningún defecto en la ejecución de los trabajos realizados, mala calidad de los materiales utilizados y se haya firmado el acta de recepción definitiva.

Las certificaciones se presentarán mensualmente a la representación de la propiedad por triplicado y en forma aceptable por la misma. En cada certificación constará por separado el importe de los trabajos realizados. Las certificaciones reflejan el total acumulado del trabajo realizado hasta finales del mes anterior y se presentarán a la representación de la propiedad en los primeros diez días de cada mes para la comprobación de las mismas.

Al finalizar el trabajo el contratista presentará una última certificación con carácter definitivo en la que haga constar que renuncia a toda reclamación por omisión de cantidades de trabajo no certificadas con anterioridad y que todos los precios aplicados a las unidades de trabajo realizadas son conformes.

5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

5.1. Jurisdicción

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el ingeniero director de la obra y en último término, a los tribunales de justicia del lugar en que radique la propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto.

El contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratos de Trabajo y además a lo dispuesto por la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales. Serán de cargo y cuenta del contratista el vallado y la vigilancia del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindeo y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, no se realizan durante las obras actos que mermen o modifiquen la propiedad.

Toda observación referente a este punto será puesta inmediatamente en conocimiento del ingeniero director.

El contratista es responsable de toda falta relativa a la política urbana y a las ordenanzas municipales estos aspectos vigentes en la localidad en que la edificación esté emplazada.

5.2. Contrato

El contrato se firmará dentro de los diez días de notificada la adjudicación.

A partir de la firma del contrato, la propiedad podrá extender la orden de inicio de obra correspondiente.

Firmado el contrato, el contratista no podrá transferirlo ni cederlo, en todo o en parte, a otra persona o entidad, ni asociarse para su cumplimiento sin autorización previa y por escrito de la propiedad.

En el caso de que el contratista no disponga del equipamiento propio necesario para realizar los servicios objeto del contrato, deberá presentar

indefectiblemente, previo a la firma del contrato, documentaciones que acrediten el contrato de alquiler del mismo

5.3. Accidentes de trabajo y daños a terceros

Cuando se produzca un accidente que ocasione daños importantes o víctimas, el suministrador deberá notificarlo lo más pronto posible y no en más de 24 horas al órgano competente de la Comunidad Autónoma, remitiendo posteriormente un informe del mismo en un plazo máximo de 7 días.

En los quince primeros días de cada trimestre, deberán remitir a los órganos correspondientes de las Comunidades Autónomas y al órgano directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, la información estadística que defina, a tal efecto, este último.

Esta información estadística deberá incluir, al menos, los siguientes datos:

- ▶ Localidad y provincia.
- ▶ Fecha.
- ▶ Daños materiales.
- ▶ Daños personales.
- ▶ Clase (deflagración, explosión, intoxicación o incendio).
- ▶ Posible causa.

En caso de accidentes ocurridos con motivo en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, y siendo, en todo caso, único responsable de su cumplimiento y sin que por ningún concepto, pueda quedar afectada la propiedad por responsabilidades en cualquier aspecto.

El contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan para evitar, en lo posible, accidentes a los obreros o viandantes, no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra.

De los accidentes o perjuicios de todo género que, por no cumplir el contratista lo legislado sobre la materia, pudieran acaecer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya que se considera que en los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar dichas disposiciones legales.

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas.

Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El contratista cumplirá los requisitos que prescriben las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuera requerido, el justificante de tal cumplimiento.

5.4. Subcontratas

El contratista no subcontratará ni se asociará a terceros para la ejecución del trabajo sin aprobación previa por escrito de la propiedad. Esta aprobación no eximirá al contratista de sus responsabilidades ni de sus obligaciones derivadas del contrato.

La dirección técnica de obra podrá rechazar a aquellos subcontratistas de los que existen antecedentes de mala ejecución, incumplimiento de las especificaciones de proyecto, retraso en la ejecución de los trabajos o por cualquier otra causa debidamente justificada.

Los subcontratados, asociados, agentes, etc., contratados por el contratista para el trabajo serán considerados a todos los efectos como empleados del contratista.

El contratista deberá asegurarse de que todos sus subcontratados, asociados, agentes, etc., empleados en el trabajo, cumplen con los términos del contrato como si fueran sus empleados, siendo único responsable de cualquier fallo o negligencia causada por aquellos.

5.5. Causas de rescisión del contrato

Se consideran causas suficientes de rescisión las que a continuación se señalan:

- ▶ Muerte o incapacidad del contratista.
- ▶ Quiebra o incapacidad económica del contratista.

- ▶ Modificación del proyecto de tal forma que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio de la dirección técnica, y en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de contrata, como consecuencia de estas modificaciones, represente alrededor del 25% como mínimo del importe actual.
- ▶ Modificación de las unidades de obra en número superior al 50% del total.
- ▶ Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% del presupuesto de obra. La imposición de las multas establecidas por los retrasos no obligará a la propiedad a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir ante la resolución o la continuidad del contrato.
- ▶ Cuando no se hubiera realizado el montaje de las instalaciones y unidades auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos con un margen del 25%; o en el caso de que el Contratista sustituya maquinaria sin autorización.
- ▶ Cuando transcurrido un tiempo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un 50% del programa aprobado para la obra.
- ▶ La suspensión de la obra una vez comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un mes, y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra dentro del plazo de 60 días, contados a partir de la adjudicación, en cuyo caso la devolución de la fianza será automática.
- ▶ En caso de rescisión del contrato con el contratista por causas de fuerza mayor se abonará al mismo tiempo el importe de la obra ejecutada y valoración de los materiales que haya hecho acopio de la misma.
- ▶ La inobservancia del plan cronológico de la obra y en especial del plazo de ejecución y terminación total de la misma.

En caso de cancelación, la propiedad tendrá derecho a estar inmediatamente en posesión de los pedidos en curso y de la parte o partes de la obra que la propiedad seleccione, junto con los materiales y herramientas,

bien sean de la parte contratante o del contratista, y completar el trabajo. El contratista será razonablemente pagado por el alquiler que haya sido convenido con la propiedad por el uso de las herramientas del contratista, o si este lo prefiere, puede retirar dichas herramientas siempre y cuando:

- ▶ El retiro de tales herramientas no afecte a la terminación de las obras.
- ▶ La propiedad esté de acuerdo con dicho retiro.
- ▶ El coste del retiro vaya a cuentas del contratista.

Las herramientas del contratista, empleadas por la empresa contratante para la terminación de la obra, serán desmanteladas, cargadas y si es el caso, preparadas para el embarque por la propiedad. Todos los costes derivados después de que las herramientas sean cargadas al transporte o abandonen los dominios de la propiedad, serán por cuenta del contratista, independientemente de que sean manejadas, movidas o embarcadas por el contratista o por la propiedad.

Todos los materiales o equipos que estén bajo pedido en el momento de la cancelación serán manejados hasta su entrega y facturación indistintamente por la propiedad o por la empresa contratada, según se decida en el tiempo de cancelación del contrato.

El contratista será reembolsado por todas las facturas que deba o hayan sido pagadas después de la cancelación, de acuerdo con las condiciones aplicables a lo gastado más el porcentaje. Cuando la propiedad así lo solicite, el contratista le transferirá todos los pedidos abiertos o pedidos cuyos materiales no hayan sido entregados. En tal caso, el vendedor será informado de la transferencia por el contratista y cambiará de manera correspondiente su procedimiento de facturación.

En el caso de que dichas facturas sean remitidas al contratista, para su pago, entre las dos partes habrá de llegarse a un acuerdo mutuo con respecto al método más satisfactorio de manejo.

6. CONDICIONES PARICULARES DE LOS EQUIPOS

6.1.Especificaciones generales de materiales, equipos y aparatos de gas.

Los materiales, equipos y aparatos de gas utilizados en la instalación deberán cumplir lo estipulado en las disposiciones que apliquen directivas europeas y, en su caso, las nacionales que no contradigan las anteriores y sean de aplicación.

En ausencia de tales disposiciones:

- a) Deberán cumplir con las prescripciones indicadas en el *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos* y en las instrucciones técnicas complementarias (ITCs) que lo desarrollan. A tal efecto, se considerarán conformes los materiales, equipos y aparatos amparados por certificados y marcas de conformidad a normas, que sean otorgados por las entidades de certificación a que se refiere el capítulo III del Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.
- b) Deberán ostentar de forma visible e indeleble las siguientes indicaciones mínimas:
Identificación del fabricante, representante legal o responsable de la comercialización; Marca y modelo; Las indicaciones necesarias para el uso específico del material o equipo.
- c) Las instrucciones deberán estar redactadas, al menos, en castellano.

6.2.Especificaciones particulares de los equipos

El objeto del presente apartado, es concretar las especificaciones técnicas que deben satisfacer los distintos equipos, diseñados o de adquisición directa por compra, para que sean aceptados en la instalación que se proyecta.

Los equipos deben entregarse con las pruebas hidráulicas que correspondan, realizadas de forma satisfactoria.

La instalación solo será recepcionada cuando se demuestre que todos los equipos de la línea de proceso y dispositivos de control funcionan perfectamente.

Las especificaciones de los equipos diseñados se clasifican en los siguientes grupos:

- ▶ Depósito
- ▶ Instrumentos de medida
- ▶ Valvulería
- ▶ Tuberías y accesorios
- ▶ Equipos de impulsión y suministro
- ▶ Sistema de protección catódica
- ▶ Seguridad y prevención
- ▶ Materiales obra civil

6.2.1. DEPÓSITO

Tabla III.1:
Descripción de los elementos que forman el depósito.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Depósito	Depósito de 50 m ³ de acero al carbono SA 515 70, formado por una virola cilíndrica (unión de 5 placas) y dos fondos toriesféricos. D _{Exterior} = 2.327 mm y L _{Total} = 12.600mm.	1
Silletas	De acero al carbono SA 515 70, ángulo de contacto de 120º y dimensiones las tabuladas para el tamaño del depósito.	2
Orejetas	De acero al carbono SA 515 70, con las dimensiones tabuladas para la carga que soporta.	2
Boca de hombre	De acero al carbono SA 515 70, DN 20" y altura 200mm.	1
Tubuladuras	De acero al carbono SA 515 70 con DN 3 ½" (1), 2" (3), 1 ¼" (5), ¾" (1), ½" (2) y alturas de 200 o 300 mm.	12
Pintura	Triple protección contra la corrosión: 1.Limpieza comercial con chorro a presión. 2. Imprimación de pintura anticorrosión tipo epoxi. 3. Acabado en negro.	1
Pruebas y ensayos	Radiografiado de soldadura y ensayos establecidos por la normativa de Recipientes a Presión.	1

6.2.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Tabla III.2:
Descripción de los elementos de medida.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Indicador de máximo nivel de llenado	Indicador de máximo nivel de llenado con alarma, de DN 2", modelo 1.70.30 de <i>Coprim</i>	1
Termómetro	Con válvula de intervención, rango de temperatura de -30 a 70°C, DN ½", modelo TQ1E5000 de <i>Cotrako</i>	1
Manómetro	De tipo <i>Bourdon</i> de señalización continua y con rango de presión de 0 a 40 bar. DN ½"; modelo 6.14.27 de <i>Coprim</i>	2
Medidor de nivel magnético	Vertical, con cabezal desmontable, máxima presión de trabajo 40 bar. Con DN 2"; modelo 1.70.10 de <i>Coprim</i>	1
Indicador de caudal con vaso de expansión	Con vaso de expansión a transmisión magnética. Con DN 2"; modelo 1.88.10 de <i>Coprim</i> .	1

6.2.3. VALVULERÍA

Tabla III.3:
Descripción de la valvulería.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Válvula de bola manual ½"	En acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN ½"; modelo 3.08.01, <i>Coprim</i> .	1
Válvula de bola manual 1¼"	En inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 1 ¼"; modelo 3.08.04, <i>Coprim</i> .	4
Válvula de bola manual 2"	En acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 2"; modelo 3.08.06, <i>Coprim</i> .	1
Válvula de bola con actuador neumático ¾"	En acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática, DN ¾"; modelo 3.08.02. Con actuador neumático a simple efecto (kit de montaje); modelo 3.90.01, <i>Coprim</i> .	1
Válvula bola con actuador neumático 1 ¼"	En acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática, DN 1 ¼"; modelo 3.08.04. Con actuador neumático simple efecto (kit de montaje); modelo 3.90.03, <i>Coprim</i> .	6
Válvula bola actuador neumático 2"	En acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática, DN 2"; modelo 3.08.06 con actuador neumático a simple efecto (kit de montaje); modelo 3.90.05, <i>Coprim</i> .	1
Válvula exceso de flujo 1 ¼"	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba 40 bar, DN 1 ¼"; modelo 1.87.14, <i>Coprim</i> .	5
Válvula exceso de flujo 2"	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba 40 bar, DN 2"; modelo 1.87.20, <i>Coprim</i> .	2

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Válvula antirretorno 1 ¼"	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba 40 bar, DN 1 ¼"; modelo 1.87.59, <i>Coprim</i> .	2
Válvula antirretorno 2"	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba 40 bar, DN 2"; modelo 1.87.65, <i>Coprim</i> .	1
Filtro 2"	En acero ASTM A352 LCC, DN 2", modelo 6.15.20, <i>Coprim</i> .	1
Boca de carga 2"	En acero inoxidable, nivel de emisión de desconexión de 0,15 cm ³ . Con DN 2"; modelo R.M.2.00 de Todo Gas.	1
Boca de descarga 1 ¼"	En acero inoxidable, nivel de emisión de desconexión de 0,15 cm ³ . Con DN 1 ¼"; modelo R.M.1.14 de Todo Gas.	1
Colector 3 ½"	Para dos válvulas de seguridad (DN 2 ½") en acero ASTM 352 LCB, DN 3-½"; modelo 1.70.93, <i>Coprim</i> .	1
Válvulas de seguridad 2 ½"	Con cuerpo y muelle en acero inoxidable. Coeficiente de flujo K= 0,65 y flujo garantizado de 248 Nm ³ /min. Presión nominal 40 bar y DN 2 ½"; modelo 1.70.99, <i>Coprim</i> .	2
Tubo venteo 3 ½"	En acero inoxidable, 2 m, DN 3 ½"; modelo 1.70.925, <i>Coprim</i> .	1
Válvula de hombre muerto 1 ¼"	En acero inoxidable, DN 1 ¼"; modelo 350006B, <i>Magi Gas</i> .	1
Conexión prueba métrica ¾"	En acero inoxidable, DN ¾"; modelo V.01 y V.02, <i>SGIG</i> .	2

6.2.4. TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Tabla III.4:
Descripción de las tuberías y los accesorios.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Tubería D = ¾"	En acero AISI 304, Schedule 160, de <i>Maresminox</i> .	9
Tubería D = 1 ¼"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	44
Tubería D = 2"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	11
Tubería D = 2 ½"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	4
Tubería D = 3 ½"	En acero AISI 304, Schedule SSX; de <i>Maresminox</i> .	4
Codo largo de 90º para soldar D = ¾"	En acero AISI 304 con DN ¾", de <i>Maresminox</i> .	5
Codo largo de 90º para soldar D = 1 ¼"	En acero AISI 304 con DN 1 ¼", de <i>Maresminox</i> .	20
Codo largo de 90º para soldar D = 2"	En acero AISI 304 con DN 2", de <i>Maresminox</i> .	4
Codo largo de 90º para soldar D = 3 ½"	En acero AISI 304 con DN 3 ½", de <i>Maresminox</i> .	1

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº(m)
Brida para soldar D = ¾"	En acero AISI 304 con DN ¾", de <i>Maresminox</i> .	4
Brida para soldar D = 1 ¼"	En acero AISI 304 con DN 1 ¼", de <i>Maresminox</i> .	19
Brida para soldar D = 2"	En acero AISI 304 con DN 2", de <i>Maresminox</i> .	4
Brida para soldar D = 3 ½ "	En acero AISI 304 con DN 3 ½ ", de <i>Maresminox</i> .	2
"Te": Dos salidas D = 1 ¼" una D = ¾"	En acero AISI 304, con dos salidas de DN 1 ¼" y una de DN ¾"; de <i>Maresminox</i> .	1
"Te": Dos salidas D = 1 ¼" una D = ½ "	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ½ "; de <i>Maresminox</i> .	1
"Te": Línea principal D = 1 ¼" una D = ¾"	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ¾"; de <i>Maresminox</i> .	1
"Te" bypass: Línea principal D = 1 ¼" salida D = ¾"	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ¾"; de <i>Maresminox</i> .	1
Cinta advertencia tubería de gas	Banda de plástico de policloruro de vinilo amarilla con la escrita "canalización de gas"; modelo estándar de <i>Flexomark Sistem Company S.L.</i>	1
Cinta anticorrosión	Formada por dos capas, una al caucho butílico y otra de polietileno; modelo 81.24.71 de <i>Ascargo</i> .	1

6.2.5. EQUIPOS DE IMPULSIÓN Y SUMINISTRO

Tabla III.5:
Descripción de los equipos de impulsión y suministro.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Equipo de impulsión completo	Bomba modelo <i>FF150</i> , Válvula bypass de DN ¾", modelo <i>B166</i> , motor eléctrico y accesorios; de <i>Corken</i> .	1
Surtidor	Con un equipo suministrador; modelo <i>LPG 6000BP</i> de <i>Tecnogas</i> .	1

6.2.6. SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Tabla III.6:
Descripción de los elementos del sistema de protección catódica.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Ánodos de sacrificio	Ánodos cilíndricos de aleación de magnesio de alto potencial preempaquetados; modelo <i>9D3</i> de <i>Tecnomag</i> .	10
Cable de cobre	Cable de cobre de 25 mm ² para conexiones, de <i>Tecnomag</i>	6

6.2.7. SEGURIDAD Y PREVENCIÓN

Tabla III.7:
Descripción de los elementos de Seguridad y prevención.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Señal “Gas inflamable”	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de PVC y 1mm de espesor; de <i>NA/SA</i> .	7
Señal “Prohibido fumar y encender fuego”	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de PVC y 1mm de espesor; de <i>NA/SA</i> .	7
Señal extintor	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de glaspac y 0,7 mm de espesor; de <i>NA/SA</i> .	8
Panel informativo para carteles	Panel de dimensiones 600x1.200, altura total con vigas de sujeción 2.000 mm; modelo <i>V 5875105</i> de <i>Letrayon</i> .	2
Cartel “Gestión de Emergencias”	Panel A5 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Esquema instalación e identificación de elementos	Panel A3 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Normas de funcionamiento	Panel A4 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Aviso y prohibición específicas	Panel A4 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Pulsadores	Carcasa en tecnopolímero antirrobo con doble aislamiento eléctrico (con kit de montaje); modelo <i>1 de la serie CC</i> de <i>Pizzato Elettrico</i> .	3
Extintor 9 kg	Con carga neta de 9 kg y peso total de 13,5 kg. Presión de servicio de 15 bar. Eficacia 34A 183 B C, con agente extintor polvo polivalente ABC; de <i>Alerta</i> .	6
Extintores 6 kg	Con carga neta de 6 kg y peso total de 9,45 kg. Presión de timbre 17 kg/cm ² . Eficacia 8A 113 B C, con agente extintor agua y aditivo AFFF; de <i>Direct Extintor</i> .	2

6.2.8. MATERIALES OBRA CIVIL

Tabla III.8:
Descripción de los elementos de la obra civil asociada.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
CUBETO		
Cubeto hormigón armado	Rectangular con cara superior abierta. Base:15.900 x 5.627 mm, Altura: 3.400 mm, Espesor: 15 mm.	1
Arena de río lavada	Partida de 200 m ³ de arena de río lavada para el relleno del cubeto del depósito, de <i>Cantera Guinea Hnos S.L.</i>	1
CERCAMIENTO		
Paneles cercamiento	Panel de malla electrosoldada plegada, de dimensiones 2.000 x 2.000 mm, tamaño cuadro 200 x 50 mm, espesor del alambre 5 mm y acabado pre galvanizado; modelo <i>P2000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	27
Paneles cercamiento'	Panel de malla electrosoldada plegada, dimensiones 1.000 x 2.000 mm, tamaño cuadro 200 x 50 mm, espesor del alambre 5 mm y acabado pre galvanizado; modelo <i>P1000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	1
Posters sujeción cercamiento	Posters para cercamiento de 40 x 60 mm, 1,5 mm de espesor y 2.000 mm de altura. Con acabado galvanizado; modelo <i>T2000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	29
Puerta	Puerta galvanizada con una hoja de 900 x 2.000 mm; modelo <i>Puerta Plus Zincada 90 x 2</i> de <i>Grupo DMD S.L.</i>	1
TECHO		
Posters de sujeción	Posters en forma de "U" para techo, de 40 x 60mm, 1,5 mm de espesor y 2.000 mm de altura; de <i>Multipanel</i> .	8
Paneles techo	Panel de tipo sándwich con chapas exteriores de aluminio termocolado e interior de poliestireno extruido. Dimensiones 3.000 x 1.250mm, de <i>Multipanel</i> .	26
ARQUETA INTERVENCIÓN Y PRUEBA MÉTRICA		
Tapa metálica	Tapa metálica de 600 x 600mm, de <i>GLS Prefabricados</i> .	1
ISLETA		
Protección contra-impactos	En forma de "U" invertida, de acero, con barra reforzadora horizontal, amarillas. Dimensiones 1.000 x 1.200mm.	4
Adoquines	Pack de 30 adoquines de red cuadrada y dimensiones 200 x 200mm. Modelo <i>AD 820206</i> de <i>GLS Prefabricados</i> .	2
Bordillos aceras	Pack de 10 Bordillos para acera con cantos redondeados y dimensiones 100 x 100 x 500 mm. Modelo <i>B0F820</i> de <i>GLS Prefabricados</i> .	2

6.3. Cumplimiento de las prescripciones.

Se considerará que las instalaciones realizadas de conformidad con las prescripciones del *reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos* proporcionan las condiciones mínimas de seguridad que, de acuerdo con el estado de la técnica, son exigibles, a fin de preservar a las personas y los bienes, cuando se utilizan de acuerdo a su destino. Las prescripciones establecidas en el reglamento apenas citado y sus ITCs tendrán la condición de mínimos obligatorios exigibles, en el sentido de lo indicado por el artículo 12.5 de la Ley 21/1992, de 16 de julio. Se considerarán cubiertos tales mínimos:

- a) Por aplicación directa de dichas prescripciones;
- b) Por aplicación de técnicas de seguridad equivalentes, siendo tales las que proporcionen, al menos, un nivel de seguridad equiparable al anterior, lo cual deberá ser justificado explícitamente por el diseñador de la instalación que se pretenda acoger a esta alternativa ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma, para su aprobación por la misma, antes del inicio del procedimiento .A efectos de responsabilidad, se entenderá que se ha cumplido el marco normativo exigible si se acredita que las instalaciones se han realizado de acuerdo con cualquiera de las alternativas anteriores.

6.4. Excepciones

Cuando sea materialmente imposible cumplir determinadas prescripciones del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos*, se deberá presentar, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma una solicitud de excepción, firmada por técnico facultativo competente, exponiendo los motivos de la misma, así como las medidas que se propongan como compensación. El citado órgano competente podrá desestimar la solicitud, o requerir la modificación de las medidas compensatorias, previo a conceder la autorización expresa de excepción.

6.5. Infracciones y sanciones

En relación con las disposiciones del *Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos*, se aplicará el régimen de infracciones y sanciones previsto en el Título V de la Ley 21/1992, de 16 de julio, y en el Título VI de la Ley 34/1998, de 7 de octubre.

7. NORMATIVA APLICADA

7.1. Disposiciones particulares

El Pliego de Condiciones prevalecerá sobre el contenido de las siguientes disposiciones. Las disposiciones de carácter particular de ámbito técnico son:

- ▶ **Ley 21/1992**, 16 de julio: Ley de Industria.
- ▶ **Ley 34/1998**, de 7 de octubre: Ley del sector de hidrocarburos.
- ▶ **Real Decreto 769/1999**, de 7 de mayo: Reglamento de aparatos a presión e I.T.C; por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de Aparatos a Presión.
- ▶ **Real Decreto 919/2006**, 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias IDG 01 A 11.
- ▶ **Orden FOM/891/2004**, de 1 de marzo, por la que se actualizan determinados artículos de Pliego de Prescripciones Técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos.
- ▶ **Real Decreto 1797/2003**, de 26 de diciembre, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-03).
- ▶ **Orden FOM/475/2002**, de 13 de febrero por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Preinscripciones Técnicas Generales para obra de carreteras y puentes relativos a hormigones y aceros.
- ▶ **Real Decreto 2267/2004**, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- ▶ **Real Decreto 315/2006**, de 17 de marzo (Ref. 2006/5516), sobre la creación del Consejo sobre la Sostenibilidad, Innovación y Calidad de Edificación.
- ▶ **Real Decreto 1316/1989**, de 27 de octubre sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

- ▶ **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, incluyendo las modificaciones realizadas por las siguientes normas: Ley 50/1998, Ley 39/1999, Real Decreto Legislativo 5/2000, Ley 54/2003, Ley 30/2005, Ley 31/2006, Ley orgánica 3/2007 y Ley 25/2009.

7.2. Normas de edificación

- ▶ Normas básicas de edificación (NBE).
- ▶ Normas tecnológicas de Edificación (NTE).
 - Relativas a cimentaciones.
 - Relativas a estructuras de acero (EA).
 - Relativas a instalaciones de electricidad de puesta a tierra (JET).
 - Relativas a instalaciones de electricidad de red exterior (IR).
 - Relativas a instalaciones de electricidad de transformadores (IET).
 - Relativas a instalaciones de fontanería de abastecimiento (IFA).
 - Relativas a instalaciones de salubridad de alcantarillado (ISA).
- ▶ Reglamento del agua.
- ▶ Instrucciones EH-91 y EP-80 para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.
- ▶ Instrucciones para la fabricación y suministro de hormigón preparado (EHPRE-72). (OM del 10 de Mayo de 1973).
- ▶ Reglamento sobre recipientes y aparatos a presión, aprobado por el Decreto 1244/1979 de 4 de abril.
- ▶ Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos (RC- 93).
- ▶ Normas I.N.T.A. (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas”) de la comisión 17 sobre pinturas, barnices, etc.
- ▶ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones reglamentarias. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (BOE núm. 224 del miércoles 18 de Septiembre).

7.3. Normas UNE

Normas UNE (Normativa de la Asociación española de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto. En especial la norma UNE 60630 de Enero de 2003: *Estaciones de servicio de GPL para vehículos a motor*, y la UNE 60250 de Junio de 2004: *Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GPL) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras*; ambas con sus correspondientes modificaciones.

También se ha hecho uso de la norma UNE-EN 589 de 2009: *Combustibles para automoción. GPL. Requisitos y métodos de ensayo*.

7.4. Normas ISO

Normas ISO (Organización Internacional de Normalización) que pueden afectar a los materiales, equipos y unidades de obra incluidos en el Proyecto.

7.5. Equivalencia de normativa del Espacio Económico Europeo.

Teniendo en cuenta lo indicado en el artículo 4, a los efectos de este reglamento y de la comercialización de productos provenientes de los Estados miembros de la Unión Europea o del Espacio Económico Europeo, sometidos a las reglamentaciones nacionales de seguridad industrial, la Administración Pública competente deberá aceptar la validez de los certificados y marcas de conformidad a normas y las actas o protocolos de ensayos que son exigibles por las citadas reglamentaciones, emitidos por organismos de evaluación de la conformidad oficialmente reconocidos en dichos Estados, siempre que se reconozca, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, que los citados agentes ofrecen garantías técnicas, profesionales y de independencia e imparcialidad a las exigidas por la legislación española y que las disposiciones legales vigentes del Estado en base a las que se evalúa la conformidad comportan un nivel de seguridad equivalente al exigido por las correspondientes disposiciones españolas.

Documento IV: PRESUPUESTO.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es la estimación del presupuesto general de ejecución del proyecto “Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz”.

Una vez diseñados y definidos los distintos elementos y equipos que componen la Estación de Servicio objeto de estudio, se procede a evaluar a cuánto ascenderá el coste total de la instalación.

En primer lugar se elaborará el Estado de Mediciones, donde se definirán y determinarán las unidades de cada partida de obra que configurarán la totalidad del proyecto objeto de estudio. Seguidamente se calculará el Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) referente al precio de los distintos elementos y equipos de la instalación. A continuación, se incluirá el Beneficio Industrial y los Gastos Generales obteniéndose el Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.). Para obtener el presupuesto total, se le añadirá el IVA, que supondrá un 18% del P.E.C (Julio 2010).

2. ESTADO DE MEDICIONES

El Estado de Mediciones es un documento básico para llevar a cabo el Proyecto y sirve como base para la realización del Presupuesto. Estará subdividido en bloques, haciéndose alusión en cada uno de ellos a las partes más significativas del Proyecto. Tendrá como misión definir y determinar las unidades de cada partida de obra que configurará la totalidad de la obra objeto del proyecto.

El Estado de Mediciones que a continuación se refleja contendrá la siguiente información:

- ▶ Definirá y determinará las unidades de cada partida o unidad de obra.
- ▶ Incluirá el número de unidades y definirá las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del proyecto.
- ▶ Utilizará el concepto de partida alzada cuando la unidad no sea fácilmente desglosable.
- ▶ Contendrá un listado completo de las partidas de obra.

En base a estos requisitos, el estado de mediciones propuesto para el presente Proyecto se estructurará del siguiente modo:

- A) Depósito
- B) Instrumentos de medida
- C) Valvulería
- D) Tuberías y accesorios
- E) Equipos de impulsión y suministro
- F) Sistema de protección catódica
- G) Seguridad y prevención
- H) Materiales obra civil
- I) Ejecución obra civil
- J) Pruebas y ensayos
- K) Instalación y montaje de equipos

A) DEPÓSITO

Tabla IV.1:
Descripción de los elementos que forman el depósito.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Depósito	Depósito de 50 m ³ de acero al carbono SA 515 70, formado por una virola cilíndrica (unión de 5 placas) y dos fondos toriesféricos. D _{Exterior} = 2.327 mm y L _{Total} = 12.600mm.	1
Silletas	De acero al carbono SA 515 70, ángulo de contacto de 120º y dimensiones las tabuladas para el tamaño del depósito.	2
Orejetas	De acero al carbono SA 515 70, con las dimensiones tabuladas para la carga que soporta.	2
Boca de hombre	De acero al carbono SA 515 70, DN 20" y altura 200 mm.	1
Tubuladuras	De acero al carbono SA 515 70 con DN 3 ½" (1), 2" (3), 1 ¼" (5), ¾" (1), ½" (2) y alturas de 200 o 300 mm.	12
Pintura	Triple protección contra la corrosión: 1.Limpieza comercial con chorro a presión. 2. Imprimación de pintura anticorrosión tipo epoxi. 3. Acabado en negro.	1
Pruebas y ensayos	Radiografiado de soldadura y ensayos establecidos por la normativa de Recipientes a Presión.	1

B) INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Tabla IV.2:
Descripción de los elementos de medida.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Indicador de máximo nivel de llenado (H.1)	Indicador de máximo nivel de llenado con alarma, de DN 2", instalado en la tubuladura H; modelo 1.70.30 de <i>Coprim</i>	1
Termómetro (I.1)	Termómetro de visor circular y válvula de intervención, con rango de temperatura de - 30 a 70°C, de DN ½", instalado en la tubuladura I; modelo TQ1E5000 de <i>Cotrako</i>	1
Manómetro (J.2, C.7)	Manómetro con visor circular de tipo <i>Bourdon</i> , de señalización continua y con un rango de presiones de 0 a 40 bar. Con un DN ½" irá instalado en la tubuladura J; modelo 6.14.27 de <i>Coprim</i>	2
Medidor de nivel magnético (K.1)	Medidor de nivel magnético vertical, con cabezal de aluminio desmontable, temperatura de servicio de - 30 a 50°C, máxima presión de trabajo 40 bar. Con un DN 2", instalado en la tubuladura K; modelo 1.70.10 de <i>Coprim</i>	1
Indicador de caudal con vaso de expansión (A.6)	Indicador de caudal con vaso de expansión a transmisión magnética, temperatura de servicio de - 40 a 80°C. Con DN 2", instalado en la línea A; modelo 1.88.10 de <i>Coprim</i> .	1

C) VALVULERÍA**Tabla IV.3:
Descripción de la valvulería.**

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Válvula de bola manual ½" (J.1)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN ½", instalada en la línea J; modelo 3.08.01 de <i>Coprim</i> .	1
Válvula de bola manual 1¼" (B.3, C.5, C.6, G.2)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 1 ¼", instaladas en las líneas B, C (2) y G; modelo 3.08.04 de <i>Coprim</i> .	4
Válvula de bola manual 2" (A.4)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 2", instalada en la línea A; modelo 3.08.06 de <i>Coprim</i> .	1
Válvula de bola con actuador neumático ¾" (D.1)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN ¾", instalada en la línea D, modelo 3.08.02. Con actuador neumático a simple efecto con presión de trabajo de 4 a 8 bar y kit de montaje, modelo 3.90.01; ambos de <i>Coprim</i> .	1
Válvula bola con actuador neumático 1 ¼" (B.1, C.1, C.8, E.1, E.3, G.1)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 1 ¼", instaladas en las líneas C, E (2) y G, modelo 3.08.04. Con actuador neumático a simple efecto con presión de trabajo de 4 a 8 bar y kit de montaje, modelo 3.90.03; de <i>Coprim</i> .	6
Válvula bola actuador neumático 2" (A.1)	Con cuerpo y bola de acero inoxidable, diseño contrafuego y antiestática. Con DN 2", instalada en la línea A, modelo 3.08.06 con actuador neumático a simple efecto con presión de trabajo de 4 a 8 bar y kit de montaje, modelo 3.90.05; ambos de <i>Coprim</i> .	1
Válvula exceso de flujo 1 ¼" (B.2, B.4, C.9, E.2, E.4)	Con cuerpo en acero inoxidable, Presión de prueba de 40 bar y temperatura de servicio de – 40 a 50 °C. Con DN 1 ¼", instaladas en las líneas B (2), C, E (2); modelo 1.87.14 de <i>Coprim</i> .	5
Válvula exceso de flujo 2" (A.2, A.7)	Con cuerpo en acero inoxidable, Presión de prueba de 40 bar y temperatura de servicio de – 40 a 50 °C. Con DN 2", instaladas en la línea A; modelo 1.87.20 de <i>Coprim</i> .	2
Válvula antirretorno 1 ¼" (C.2, C.4)	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba de 40 bar y temperatura de servicio de - 40 a 50°C. Con DN 1 ¼", instaladas en la línea C (2); modelo 1.87.59 de <i>Coprim</i> .	2
Válvula antirretorno 2" (A.3)	Cuerpo en acero inoxidable, presión de prueba de 40 bar y temperatura de servicio de - 40 a 50°C. Con DN 2", instalada en la línea A; modelo 1.87.65 de <i>Coprim</i> .	1

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Filtro 2" (A.5)	Con forma de Y en acero ASTM A 352 LCC, temperatura de servicio de – 40 a 120 °C, presión de prueba del cuerpo de 100 bar y neumática de 10 bar. Con DN 2", instalado en la línea A; modelo 6.15.20 de <i>Coprim</i> .	1
Boca de carga 2" (A.8)	En acero inoxidable y un nivel de emisión de desconexión de 0,15 cm ³ . Con DN 2", instalado en la línea A; modelo <i>R.M.2.00</i> de Todo Gas.	1
Boca de descarga 1 ¼" (B.5)	En acero inoxidable y un nivel de emisión de desconexión de 0,15 cm ³ . Con DN 1 ¼", instalado en la línea B; modelo <i>R.M.1.14</i> de Todo Gas.	1
Colector 3 ½" (F.1)	Con conexión para dos válvulas de seguridad (DN 2 ½") en acero ASTM 352 LCB. Con DN 3 ½", instalado en la línea F; modelo 1.70.93 de <i>Coprim</i> .	1
Válvulas de seguridad 2 ½" (F.2)	Con cuerpo y muelle en acero inoxidable, abrazadera en latón y pastilla obturadora de HNBR. Coeficiente de flujo K= 0,65 y flujo garantizado (aire) de 248 Nm ³ /min. Presión nominal de 40 bar y temperatura de servicio - 40 a 100°C. Con DN 2 ½", instaladas en la línea F; modelo 1.70.99 de <i>Coprim</i> .	2
Tubo venteo 3 ½" (F.3)	En acero inoxidable de longitud 2 m, con DN 3 ½", instalado en la línea F; modelo 1.70.925 de <i>Coprim</i> .	1
Válvula de hombre muerto 1 ¼" (G.3)	En acero inoxidable, con DN 1 ¼", instalada en la línea G; modelo 350006B de <i>Magi Gas</i> .	1
Conexión para manguera de prueba métrica ¾" (B'.1 y E'.1)	En acero inoxidable, con DN ¾", instaladas en las líneas B' y E'; modelo V.01 y V.02 de <i>SGIG</i> .	2

D) TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Tabla IV.4:
Descripción de las tuberías y los accesorios.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Tubería D = ¾"	En acero AISI 304, Schedule 160, de <i>Maresminox</i> .	9
Tubería D = 1 ¼"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	44
Tubería D = 2"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	11
Tubería D = 2 ½"	En acero AISI 304, Schedule 160; de <i>Maresminox</i> .	4
Tubería D = 3 ½"	En acero AISI 304, Schedule SSX; de <i>Maresminox</i> .	4
Codo largo de 90º para soldar D = ¾"	En acero AISI 304 con DN ¾", de <i>Maresminox</i> .	5

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Codo largo de 90º para soldar D = 1 ¼"	En acero AISI 304 con DN 1 ¼", de <i>Maresminox</i> .	20
Codo largo de 90º para soldar D = 2"	En acero AISI 304 con DN 2", de <i>Maresminox</i> .	4
Codo largo de 90º para soldar D = 3 ½"	En acero AISI 304 con DN 3 ½", de <i>Maresminox</i> .	1
Brida para soldar D = ¾"	En acero AISI 304 con DN ¾", de <i>Maresminox</i> .	4
Brida para soldar D = 1 ¼"	En acero AISI 304 con DN 1 ¼", de <i>Maresminox</i> .	19
Brida para soldar D = 2"	En acero AISI 304 con DN 2", de <i>Maresminox</i> .	4
Brida para soldar D = 3 ½"	En acero AISI 304 con DN 3 ½", de <i>Maresminox</i> .	2
"Te": Dos salidas D = 1 ¼" una D = ¾"	En acero AISI 304, con dos salidas de DN 1 ¼" y una de DN ¾". Conexión de línea B con la B' ¾", de <i>Maresminox</i> .	1
"Te": Dos salidas D = 1 ¼" una D = ½"	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ½". Para conexión con manómetro (C.7) ¾", de <i>Maresminox</i> .	1
"Te": Línea principal D = 1 ¼" una D = ¾"	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ¾". Para unión con conexión para prueba métrica (E'.1) ¾", de la comercial <i>Maresminox</i> .	1
"Te" bypass: Línea principal D = 1 ¼" salida D = ¾"	En acero AISI 304, línea principal de DN 1 ¼" y salida lateral curvada de DN ¾". Para conexión con válvula de bypass (D.2) ¾", de <i>Maresminox</i> .	1
Cinta advertencia tubería de gas	Banda de plástico de policloruro de vinilo amarilla de 15 mm, con escrita "canalización de gas". Bobinas de 250 m; modelo estándar de <i>Flexomark Sistem Company S.L.</i>	1
Cinta anticorrosión	Formada por dos capas: adherente al caucho butílico y exterior de polietileno, de anchura 50 mm y 10.000 mm de longitud (36 rollos); modelo 81.24.71 de <i>Ascargo</i> .	1

E) EQUIPOS DE IMPULSIÓN Y SUMINISTRO

Tabla IV.5:
Descripción de los equipos de impulsión y suministro.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Equipo de impulsión completo	Bomba modelo <i>FF150</i> de DN 1-1/4", válvula bypass modelo <i>B166</i> de DN ¾", motor eléctrico y accesorios; casa comercial <i>Corken</i> .	1
Surtidor	De tipo "bandera", con señalización electrónica HT-TE y dotado de un único equipo suministrador b; Modelo <i>LPG 6000BP</i> de <i>Tecnogas</i> .	1

F) SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Tabla IV.6:
Descripción de los elementos del sistema de protección catódica.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Ánodos de sacrificio	Ánodos cilíndricos de aleación de magnesio de alto potencial preempaquetados, con cable estándar de 3 m de cobre de 25 mm ² ; modelo 9D3 de <i>Tecnomag</i> . Peso empaquetado 12,25 kg. Dimensiones empaquetado: 165,1 x 482,6 mm.	10
Cable de cobre	Cable de cobre de 25 mm ² para conexiones, de <i>Tecnomag</i>	6

G) SEGURIDAD Y PREVENCIÓN

Tabla IV.7:
Descripción de los elementos de Seguridad y prevención.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
Señal “Gas inflamable”	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de PVC y 1 mm de espesor; de <i>NAISA</i> .	7
Señal “Prohibido fumar y encender fuego”	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de PVC y 1 mm de espesor; de <i>NAISA</i> .	7
Señal extintor	Señal fotoluminescente certificada de tamaño A4, de glaspac y 0,7 mm de espesor; de <i>NAISA</i> .	8
Panel informativo para carteles	Panel de 600 x 1.200 mm, altura total con vigas de sujeción 2.000 mm; modelo V 5875105 de <i>Letrayon</i> .	2
Cartel “Gestión de Emergencias”	Panel A5 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Esquema instalación e identificación de elementos	Panel A3 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Normas de funcionamiento	Panel A4 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Aviso y prohibición específicas	Panel A4 de PVC y 1 mm de espesor; de <i>Letrayon</i> .	2
Pulsadores	Carcasa en tecnopolímero antirrobo con doble aislamiento eléctrico, tornillos y elementos de fijación. Con tres entradas para cables: dos laterales y una inferior; modelo 1 de la serie CC de <i>Pizziato Elettrico</i> .	3
Extintor 9 kg	Con carga neta de 9 kg y peso total de 13,5 kg. Presión de servicio de 15 bar. Eficacia 34A 183 B C, con agente extintor polvo polivalente ABC; de <i>Alerta</i> .	6
Extintores 6 kg	Con carga neta de 6 kg y peso total de 9,45 kg. Presión de timbre 17 Kg/cm ² . Eficacia 8A 113 B C, con agente extintor agua y aditivo AFFF; de <i>Direct Extintor</i> .	2

H) MATERIALES OBRA CIVIL

Tabla IV.8:
Descripción de los elementos de la obra civil asociada.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Nº
CUBETO		
Cubeto hormigón armado	Rectangular con cara superior abierta. Base:15.900 x 5.627 mm, Altura: 3.400 mm, Espesor 15 mm.	1
Arena de río lavada	Partida de 200 m ³ de arena de río lavada para el relleno del cubeto del depósito, de <i>Cantera Guinea Hnos S.L.</i>	1
CERCAMIENTO		
Paneles cercamiento	Panel de malla electrosoldada plegada, de dimensiones 2.000 x 2.000 mm, tamaño cuadro 200 x 50 mm, espesor del alambre 5 mm y acabado pre galvanizado; modelo <i>P2000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	27
Paneles cercamiento'	Panel de malla electrosoldada plegada, dimensiones 1.000 x 2.000 mm, tamaño cuadro 200 x 50 mm, espesor del alambre 5 mm y acabado pre galvanizado; modelo <i>P1000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	1
Posters sujeción cercamiento	Posters para cercamiento de 40 x 60 mm, 1,5 mm de espesor y 2.000 mm de altura. Con acabado galvanizado; modelo <i>T2000</i> de <i>Central de enrejados S.L.</i>	29
Puerta	Puerta galvanizada con una hoja de 900 x 2.000 mm; modelo <i>Puerta Plus Zincada 90 x 2</i> de <i>Grupo DMD S.L.</i>	1
TECHO		
Posters de sujeción	Posters en forma de "U" para techo, de 40 x 60 mm, 1,5 mm de espesor y 2.000 mm de altura; de <i>Multipanel</i> .	8
Paneles techo	Panel de tipo sándwich con chapas exteriores de aluminio termocolado e interior de poliestireno extruido. Dimensiones 3.000 x 1.250mm, de <i>Multipanel</i> .	26
ARQUETA INTERVENCIÓN Y PRUEBA MÉTRICA		
Tapa metálica	Tapa metálica de 600 x 600mm, de <i>GLS Prefabricados</i> .	1
ISLETA		
Protección contra-impactos	En forma de "U" invertida, de acero, con barra reforzadora horizontal, amarillas. Dimensiones 1.000 x 1.200mm.	4
Adoquines	Pack de 30 adoquines de red cuadrada y dimensiones 200 x 200mm. Modelo <i>AD 820206</i> de <i>GLS Prefabricados</i> .	2
Bordillos aceras	Pack de 10 bordillos, dimensiones 100 x 100 x 500 mm. Modelo <i>B0F820</i> de <i>GLS Prefabricados</i> .	2

I) EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL

Corresponden al conjunto de actividades llevadas a cabo para la realización de la obra civil, tales como: excavaciones, retirada de material, transporte de elementos, etc. Incluye también los suelos, pintura de señalización, etc. y la instalación de los elementos de seguridad y prevención, tales como extintores, carteles, paneles, etc. Los materiales principales de la obra civil están incluidos en la partida de “Materiales de la obra civil”.

Comprende lo siguiente:

- ▶ Materiales auxiliares
- ▶ Herramientas y maquinaria
- ▶ Transporte
- ▶ Mano de obra del personal encargado de llevar a cabo la obra civil.

J) PRUEBAS Y ENSAYOS

Son las pruebas y ensayos que tienen que pasar las distintas partes de la instalación (depósito y red de tuberías) para obtener la certificación necesaria para la puesta en marcha de la instalación, y cumplir así con la legislación vigente. Se especifican dichas pruebas y ensayos en el apartado 1. “Puesta en marcha” del capítulo 10 “Protocolo de funcionamiento”.

K) INSTALACIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS

Corresponde al montaje de los instrumentos de medida sobre el depósito, la construcción de la red de tuberías* y la instalación de los distintos elementos y accesorios de la misma (válvulas, bombas, etc.).

Comprende lo siguiente:

- ▶ Montaje de instrumentos de medida sobre el depósito
- ▶ Construcción de la red de tuberías
- ▶ Instalación de elementos y accesorios en tuberías
- ▶ Materiales auxiliares
- ▶ Herramientas y maquinaria
- ▶ Mano de obra del personal encargado de llevar a cabo la instalación.

*Dentro de la instalación de tuberías se incluye el montaje, la soldadura y la pintura (de protección contra la corrosión y de acabado).

2.1. PRESUPUESTO PARCIAL

A continuación se detallarán los precios unitarios de cada uno de los elementos que componen la instalación proyectada, obteniéndose mediante suma el precio de cada partida.

- A) Depósito
- B) Instrumentos de medida
- C) Valvulería
- D) Tuberías y accesorios
- E) Equipos de impulsión y suministro
- F) Sistema de protección catódica
- G) Seguridad y prevención
- H) Material obra civil
- I) Ejecución obra civil
- J) Pruebas y ensayos
- K) Instalación y montaje de equipos

A) DEPÓSITO

Tabla IV.9:
Presupuesto de Partida de depósito.

ELEMENTO	Nº UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Depósito	1	48.775,66	48.775,66
Silletas	2	1.219,39	2.438,79
Orejetas	2	243,88	487,75
Boca de hombre	1	2.444,91	2.444,91
Tubuladuras	12	144,95	1.379,35
Pintura	1	8.632,86	8.632,86
Pruebas y ensayos	1	431,64	431,64
Coste total de la partida del depósito			65.769,34 €

B) INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Tabla IV.10:
Presupuesto de Partida de los instrumentos de medida.

ELEMENTO	Nº	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Indicador de máximo nivel de llenado (H.1)	1	416,20 €/unidad	416,20
Termómetro (I.1)	1	65,27 €/unidad	65,27
Manómetro (J.2, C.7)	2	95,32 €/unidad	190,64
Medidor de nivel magnético (K.1)	1	817,50 €/unidad	817,50
Indicador de caudal con v. expansión (A.6)	1	330,25 €/unidad	330,25
Coste total de la partida instrumentos de medida			1.819,86 €

C) VALVULERÍA

Tabla IV.11:
Presupuesto de Partida de la valvulería.

ELEMENTO	Nº	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Válvula bola manual ½" (J.1)	1	40,76 €/unidad	40,76
Válvula bola manual 1¼" (B.3, C.5, C.6, G.2)	4	98,01 €/unidad	392,04
Válvula bola manual 2" (A.4)	1	137,17 unidad	137,17
Válvula bola con actuador neumático ¾" (D.1)	1	113,66 €/unidad	113,66
Válvula bola con actuador neumático 1 ¼" (B.1, C.1, C.8, E.1, E.3, G.1)	6	163,18€/unidad	997,08
Válvula bola actuador neumático 2" (A.1)	1	205,28 €/unidad	205,28
Válvula exceso flujo 1¼" (B.2, B.4, C.9, E.2, E.4)	5	78,01€/unidad	390,05
Válvula exceso de flujo 2" (A.2, A.7)	2	98,15 €/unidad	196,3
Válvula antirretorno 1 ¼" (C.2, C.4)	2	117,20 €/unidad	234,40
Válvula antirretorno 2" (A.3)	1	97,15 €/unidad	97,15
Filtro 2" (A.5)	1	78,79 €/unidad	78,79
Boca de carga 2" (A.8)	1	80,75 €/unidad	80,75
Boca de descarga 1 ¼" (B.5)	1	65,12 €/unidad	65,12
Colector 3 ½" (F.1)	1	162,13 €/unidad	162,13
Válvulas de seguridad 2 ½" (F.2)	2	212,90 €/unidad	425,80
Tubo venteo 3 ½" (F.3)	1	78,22 €/unidad	78,22
Válvula de hombre muerto 1 ¼" (G.3)	1	103,00 €/unidad	103,00
Conexión para prueba métrica ¾" (B'.1 y E'.1)	2	25,03 €/unidad	50,06
Coste total de la partida de valvulería			3.866,59 €

D) TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Tabla IV.12:
Presupuesto de tuberías y accesorios.

ELEMENTO	Nº	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Tubería D = ¾"	9	31,77 €/metro	285,93
Tubería D = 1 ¼"	44	52,42 €/metro	2.306,48
Tubería D = 2"	11	75,63 €/metro	831,93
Tubería D = 2 ½"	4	97,78 €/metro	391,12
Tubería D = 3 ½"	4	132,48 €/metro	529,92
Codo para soldar D = ¾"	5	5,53 €/unidad	27,65
Codo para soldar D = 1 ¼"	20	7,57 €/unidad	151,40
Codo para soldar D= 2"	4	14,42 €/unidad	57,68
Codo para soldar D = 3 ½ "	1	29,03 €/unidad	29,03
Brida para soldar D = ¾ "	4	12,94 €/unidad	51,76
Brida para soldar D = 1 ¼"	19	21,22 €/unidad	403,18
Brida para soldar D = 2"	4	30,06 €/unidad	120,24
Brida para soldar D = 3 ½ "	2	48,12 €/unidad	96,24
"Te": D = 1 ¼" (2), D = ¾"(1)	1	21,22 €/unidad	21,22
"Te": D = 1 ¼" (2), D = ¾" (1)	1	21,22 €/unidad	21,22
"Te": D = 1 ¼" (2), D = ½" (1)	1	21,22 €/unidad	21,22
"Te" bypass: D = 1¼" (2) D = ¾" (1)	1	22,99 €/unidad	22,99
Cinta advertencia tubería de gas	1	80,25 €/250 m	80,25
Cinta anticorrosión	1	332 €/36 unidades	332
Coste total de la partida de tuberías y accesorios			5.781,46 €

E) EQUIPOS DE IMPULSIÓN Y SUMINISTRO

Tabla IV.13:
Presupuesto de Partida de los equipos de impulsión y suministro.

ELEMENTO	Nº UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Equipo de impulsión completo	1	4.125 €/unidad	4.125
Surtidor	1	3.250 €/unidad	5.250
Coste total de la partida de equipos de impulsión y suministro			9.375 €

F) SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Tabla IV.14:
Presupuesto de Partida del sistema de protección catódica.

ELEMENTO	Nº UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Ánodos de sacrificio	10	153,56 €/unidad	1.535,60
Cable de cobre	6	1,05 €/m	6,30
Coste total de la partida del sistema de protección catódica			1.541,90

G) SEGURIDAD Y PREVENCIÓN:

Tabla IV.15:
Presupuesto de Partida de Seguridad y Prevención.

ELEMENTO	Nº	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
Señal "Gas inflamable"	7	4,99 €/unidad	34,93
Señal "Prohibido fumar y encender fuego"	7	4,99 €/unidad	34,93
Señal extintor	8	2,43 €/unidad	19,44
Panel informativo con carteles	2	200,15 €/unidad	400,30
Cartel "Gestión de Emergencias"	2	8,30 €/unidad	16,60
Esquema instalación e identificación elementos	2	18,40 €/unidad	36,80
Normas de funcionamiento	2	10,60 €/unidad	21,20
Aviso y prohibición específicas	2	10,60 €/unidad	21,20
Pulsadores	3	32,64 €/unidad	97,92
Extintor 9 kg	6	38,50 €/unidad	231,00
Extintores 6 kg	2	27,75 €/unidad	55,50
Coste total de la partida de Seguridad y Prevención			969,82 €

H) MATERIALES OBRA CIVIL

Tabla IV.16:
Presupuesto de Partida de materiales de la obra civil.

ELEMENTO	Nº UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL(€)
CUBETO			
Cubeto hormigón armado	1	330,57	330,57
Arena de río lavada	1	2.345	2.345,00
CERCAMIENTO			
Paneles cercamiento	27	15,26 €/unidad	412,02
Paneles cercamiento'	1	9,53 €/unidad	9,53
Posters sujeción cercamiento	29	3,56 €/unidad	103,24
Puerta	1	194 €/unidad	194,00
TECHO			
Posters en forma de "U" invertida	8	13,70 €/unidad	109,6
Paneles techo	26	57,30 €/unidad	1.489,80
ARQUETA DE INTERVENCIÓN Y PRUEBA MÉTRICA			
Tapa metálica	1	48,72 €/unidad	48,72
ISLETA			
Protección contra-impactos	4	23,12 €/unidad	92,48
Adoquines	2 pack	4,58 €/ 30 unidades	9,16
Bordillos aceras	2 pack	11,25 €/10 unidades	22,50
Coste total de la partida de obra civil			5.166,62 €

I) EJECUCIÓN OBRA CIVIL

Para determinar los gastos derivados de la ejecución de la obra civil, se multiplica el coste de la partida "Material obra civil" por un factor cuyo valor es 1,2. Partiendo de la siguiente fórmula:

$$C_{EjecuciónObraCivil} = 1,2 \cdot C_{MaterialesObraCivil}$$

Donde:

$C_{EjecuciónObraCivil}$ = Coste de la ejecución de la obra civil,

$C_{MaterialesObraCivil}$ = Coste de los materiales principales.

Sustituyendo los datos en la ecuación:

$$C_{EjecuciónObraCivil} = 1,5 \cdot 5.166,62 = 6.199,94 \text{ €}$$

Por lo que el coste de ejecución de la obra civil será de 6.199,94 €.

J) PRUEBAS Y ENSAYOS

Los costes derivados de las pruebas y ensayos necesarios para obtener la certificación y llevar a cabo la puesta en marcha de la instalación, tendrá un coste aproximado de 4.250 €.

K) INSTALACIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS

Para determinar el coste de la instalación de los instrumentos de medida sobre el depósito y de la instalación y el montaje de las tuberías y sus accesorios, se multiplica el coste que suponen estas partidas por un factor cuyo valor es 1,3, obteniéndose el coste total de instalación y montaje de estos equipos.

Se parte de la siguiente fórmula:

$$C_{Instalación} = 1,3 \cdot C_{TuberíasAccesorios} + C_{InstrumentosMedida} + C_{Valvulería}$$

Donde:

$C_{Instalación}$ = Coste de instalación de los instrumentos de medida y la red de tuberías completa, con todos los elementos y accesorios,

$C_{TuberíasAccesorios}$ = Coste de las tuberías y los accesorios de las mismas,

$C_{InstrumentosMedida}$ = Coste de los instrumentos de medida,

$C_{Valvulería}$ = Coste de la valvulería.

Sustituyendo los datos en la ecuación:

$$C_{Instalación} = 1,3 \cdot 5.781,46 + 1.819,86 + 3.866,59 = 14.908,28 \text{ €}$$

Por lo que el coste de ejecución de la obra civil será de 14.908,28 €.

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)

En la siguiente tabla se recopilan los presupuestos de las partidas vistas en el apartado anterior, la suma total de los costes de partida dan lugar al Presupuesto de Ejecución Material.

Tabla IV.17:
Presupuesto de Ejecución Material.

PARTIDA	COSTE (€)
Depósito	65.769,34
Instrumentos de medida	1.819,86
Valvulería	3.866,59
Tuberías y accesorios	5.781,46
Equipos de impulsión y suministro	9.375
Sistema de protección catódica	1.541,90
Seguridad y Prevención	969,82
Materiales obra civil	5.166,62
Ejecución obra civil	6.199,94
Pruebas y ensayos	4.250,00
Instalación y montaje de equipos	14.908,28
P.E.M	119.648,81 €

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C.)

Añadiendo al Presupuesto de Ejecución Material el tanto por ciento en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial, se obtiene del Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C).

El tanto por ciento al que se hace referencia viene definido por el artículo 68 del Reglamento General de Contratación del Estado.

Tabla IV.18:
Presupuesto de Ejecución por Contrata.

CONCEPTO	COSTE (€)
P.E.M	119.648,81
Gastos Generales (17%)	20.340,30
Beneficio Industrial (6%)	7.178,93
I.V.A. (18%, Julio 2010)	26.490,25
P.E.C	173.658,29 €

El PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA del proyecto “*Diseño de un depósito y sistema de distribución de GPL en un área de servicio de la provincia de Cádiz*” asciende a la cantidad de “CIENTO SETENTA Y TRES MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y OCHO con VEINTINUEVE CENTIMOS”.

Puerto Real, Julio 2010

Fdo: Gloria Vaca Muñoz

